ANIE FEDERAZIONE

CONFINDUSTRIA

AssoAutomazione
Associazione Italiana
Automazione e Misura

Una guida per la continuità

Raccolta di articoli a cura del Gruppo Tecnico UPS di AssoAutomazione pubblicati sulla rivista Attualità Elettrotecnica

AssoAutomazione
Associazione Italiana
Automazione e Misura

Una guida per la continuità

Raccolta di articoli a cura del Gruppo Tecnico UPS di AssoAutomazione pubblicati sulla rivista Attualità Elettrotecnica

PREFAZIONE

Non è facile trovare oggi un settore che non necessiti dell'installazione di un gruppo di continuità. E, nello stesso tempo, non è facile trovare della documentazione tecnica precisa e decisamente autorevole che consenta di risolvere le problematiche, in alcuni casi decisamente ostiche, con cui progettisti e installatori devono confrontarsi, dalla scelta del sistema, alla sua installazione, alla sua gestione.

Se le cose stanno (e stanno) in questi termini, siamo certi che quanto presentato qui di seguito sarà utile a tutti coloro che avranno la pazienza di leggerlo.

Sull'origine del materiale proposto dobbiamo dire alcune cose.

Innanzitutto si tratta di una raccolta di quanto è stato in questi ultimi tempi realizzato dal Gruppo Tecnico UPS di AssoAutomazione/ANIE e pubblicato in vari numeri della rivista Attualità Elettrotecnica. Da sempre la rivista ha come obiettivo quello di illustrare ai propri lettori le novità più recenti nell'ambito dell'impiantistica elettrica (prodotti, tecnologia e normativa) e quindi sin dai primi numeri ha seguito con molto interesse il settore della continuità dell'energia, che ha assunto nel tempo una sempre maggior importanza. In secondo luogo gli estensori di tutta la documentazione sono tra i massimi esperti dell'argomento. La loro autorevolezza - derivante dall'esercitare la propria professione in quest'ambito, in modo particolare nel progetto e nella produzione di UPS - è tale che tutti gli articoli, ora opportunamente rivisti per mantenerli al passo con le variazioni normative intercorse nel tempo, hanno avuto la firma di AssoAutomazione/ANIE Gruppo UPS.

Come è noto tale associazione riunisce i maggiori produttori di UPS operanti in Italia e garantisce con il proprio lavoro un costante incremento della qualità e della proposta complessiva in quest'ambito.

Gli articoli via via pubblicati da Attualità Elettrotecnica hanno riscosso da parte dei lettori un successo che è andato oltre le attese, a dimostrazione della qualità del materiale e dell'interesse mostrato in merito alle problematiche della continuità dell'energia.

È per questo motivo che AssoAutomazione ha ritenuto di proporre ad un pubblico più vasto l'intero "pacchetto" di articoli, tra loro amalgamati, nella speranza che possa divenire un indispensabile strumento coordinato dal punto di vista degli argomenti e chiaro da quello dei contenuti, secondo una matrice che vede incrociarsi tipologie e manutenzione con le varie applicazioni, dai data center, all'illuminazione di emergenza, alle strutture ospedaliere.

Una lettura del documento consentirà ai tecnici di proporre soluzioni a basso impatto ambientale, ad elevato rendimento e in linea con le richieste dei loro clienti. Superando senza difficoltà tutte le eventuali difficoltà installative. Con continuità.

Ing. Dino Pellizzaro
Direttore tecnico di Attualità Elettrotecnica

INDICE

1. Introduzione
"Un Gruppo per gli UPS" 7

2. Introduzione agli UPS e loro manutenzione 12
2.1 "Gruppi statici di continuità: utilizzo, tipologie e campi di applicazione" 12
2.2 "La manutenzione degli UPS" 18

3. Prestazioni della tecnologia UPS 26
3.1 "La qualità e la continuità per i sistemi di alimentazione" 26
3.2 "UPS a basso impatto sull'ambiente di installazione: riduzione armoniche (THD) e miglioramento del fattore di potenza (PF)" 35
3.3 "Efficienza energetica dei gruppi statici di continuità" 43
3.4 "Gli UPS e la connettività" 51

4. Alcune applicazioni 56
4.1 "I data center" 56
4.2 "UPS: la configurazione N" 60
4.3 "UPS per l'illuminazione di emergenza" 66
4.4 "Impianti in locali ad uso medico" 69
4.5 "Impianti in locali ad uso medico: valutazione del rischio sanitario" 75

ANNEX 1
Le principali norme di riferimento per il settore degli UPS 80

1. Introduzione: Un Gruppo per gli UPS

Il Gruppo UPS di ANIE/AssoAutomazione è costituito dai principali e più qualificati costruttori di sistemi di continuità, i quali rappresentano oltre l'80% del mercato.
Fare cultura è sempre stato ed è uno degli obiettivi primari di AssoAutomazione e del Gruppo UPS in particolare: attraverso la pubblicazione di guide, articoli e manuali le Aziende mettono a disposizione dei lettori competenza ed esperienza e svolgono una insostituibile opera di diffusione della cultura della qualità tendente a sensibilizzare l'appropriato utilizzo degli UPS, a totale beneficio del comparto e dei suoi utilizzatori finali. In tale contesto rientra anche l'ultima iniziativa dell'Associazione: arricchire la collana di pubblicazioni sugli UPS con la stesura di una serie di articoli di approfondimento su "lo stato dell'arte degli UPS" redatte dagli specialisti del Gruppo di lavoro Tecnico UPS.
AssoAutomazione ha quindi posto in essere nel 2010 una collaborazione con la testata specializzata ***"Attualità Elettrotecnica"*** per la pubblicazione di una serie di schede dedicate ai Gruppi Statici di Continuità che vengono qui raccolte per offrire al lettore una panoramica ricca ed esaustiva su utilizzo, tipologie e campi di applicazione degli UPS.

Come noto, **le apparecchiature elettriche di continuità** devono garantire il mantenimento ininterrotto del servizio di alimentazione dell'utenza in caso di sospensione dell'alimentazione di rete. In tali categorie rientrano gli **UPS** o gruppi di continuità, gli **STS** o sistemi di trasferimento statici, i **CPSS** o sistemi di alimentazione centralizzata per l'emergenza, con relativi accessori e opzioni a corredo (es. filtri, batterie, trasformatori, ecc.).
Il gruppo di continuità funziona da riserva di energia in caso di black out della rete. Grazie al tempo di intervento immediato, è in grado di garantire continuità e sicurezza in ambienti pubblici e in tutti quei casi in cui è fondamentale la continuità dell'alimentazione, ad esempio negli aeroporti, nelle sale operatorie, nei processi industriali, nelle telecomunicazioni, nei locali pubblici, ecc.
A più di 25 anni dalla loro prima comparsa, i gruppi statici di continuità (UPS) rappresentano oggi oltre il 95% dei sistemi di back-up dell'alimentazione venduti, copertura che supera il 98% per le applicazioni informatiche ed elettroniche.

LE CARATTERISTICHE

Agendo come interfaccia tra la rete e le utenze, gli UPS forniscono al carico un'alimentazione elettrica continua di alta qualità, indipendentemente dallo stato della rete.
Gli UPS garantiscono una tensione di alimentazione affidabile, esente dai disturbi di rete, entro tolleranze compatibili con i requisiti delle apparecchiature elettroniche, avvalendosi di una fonte di alimentazione (batteria) generalmente sufficiente a garantire la sicurezza delle persone e delle apparecchiature.
I gruppi statici di continuità sono generalmente costituiti da tre blocchi principali:

- un raddrizzatore-caricabatterie per convertire la corrente alternata in corrente continua e caricare la batteria;

- un set di batterie (generalmente al piombo) per immagazzinare l'energia e recuperarla istantaneamente, a seconda delle necessità, per periodi da 5 a 30 minuti o anche più;
- un convertitore statico (inverter) per trasformare questa tensione continua in alternata perfettamente stabilizzata e filtrata in tensione e/o frequenza.

Queste tre funzioni possono essere integrate con funzioni supplementari: un bypass automatico per l'alimentazione nel caso di sovraccarichi o per guasti dell'UPS, un bypass manuale che consente un isolamento completo dell'UPS e varie opzioni di segnalazione e manutenzione locale o a distanza.
Negli ultimi anni, gli UPS sono diventati un elemento indispensabile per la distribuzione dell'alimentazione di alta qualità. Ognuno dei loro componenti è stato progettato per integrarsi perfettamente nel layout dell'installazione, sia nel caso di un'alimentazione da 250VA per i personal computer di un ufficio, come per una complessa installazione da 2000 kVA in un importante centro di elaborazione dati del settore terziario oppure ancora per la protezione di una unità produttiva.

Lo schema di Figura 1 illustra un esempio di installazione elettrica a bassa tensione protetta da un UPS. Si noti la presenza di un generatore, complemento tipico di una alimentazione statica di elevata potenza.

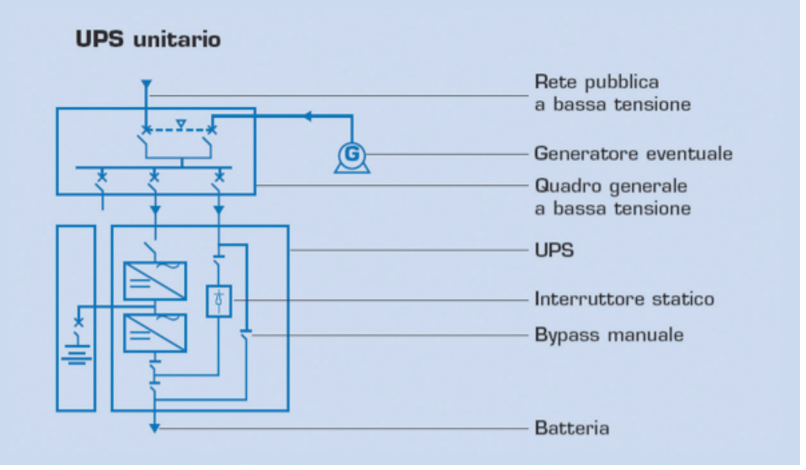


Figura 1: Esempio schematico di installazione di un UPS

Nell'eventualità di un blackout molto prolungato, questo sistema consente di estendere l'autonomia delle batterie per garantire un'alimentazione ininterrotta durante l'avvio del generatore e 10 minuti o più di back-up in caso di mancato avvio. Durante questo intervallo sarà possibile espletare tutte le sequenze di arresto dei carichi.
Queste tecnologie sono complementari e i produttori di UPS collaborano spesso attivamente con i produttori di generatori durante la progettazione di installazioni su larga scala, per definire insieme le caratteristiche delle macchine (alimentazioni, sequenze operative ecc.).
Nelle installazioni a media ed elevata potenza è possibile combinare vari UPS in parallelo:

- per ottenere un'alimentazione superiore a quella della singola apparecchiatura;
- per aumentare l'affidabilità dell'alimentazione garantendone la ridondanza.

È possibile realizzare diverse tipologie di connessione parallela e soluzioni altamente sofisticate per ottimizzare l'affidabilità o semplificare l'uso e la manutenzione del sistema.
Le architetture comprendenti STS (Static Transfer System – Sistemi di Trasferimento Statici) forniscono sorgenti di alimentazione duale ad apparecchiature critiche al fine di migliorarne l'affidabilità e la disponibilità.
Il sistema STS garantisce un trasferimento automatico rapido e omogeneo tra due o più sorgenti di alimentazione indipendenti in caso di avaria della sorgente prioritaria. Gli STS, che spesso trovano applicazione con due sistemi UPS distinti, erogano un'alimentazione ridondante e immune dai guasti sul punto d'uso prossimo ai carichi protetti. Questo concetto tutela le applicazioni "mission critical", non soltanto dalla indisponibilità della sorgente prioritaria, ma anche dalla maggior parte dei guasti, come l'intervento intempestivo degli interruttori automatici indotto da correnti parassite, l'interruzione di cavi, anomalie di funzionamento, e altri, che si verificano nella rete di distribuzione tra le sorgenti di alimentazione e le utenze finali.

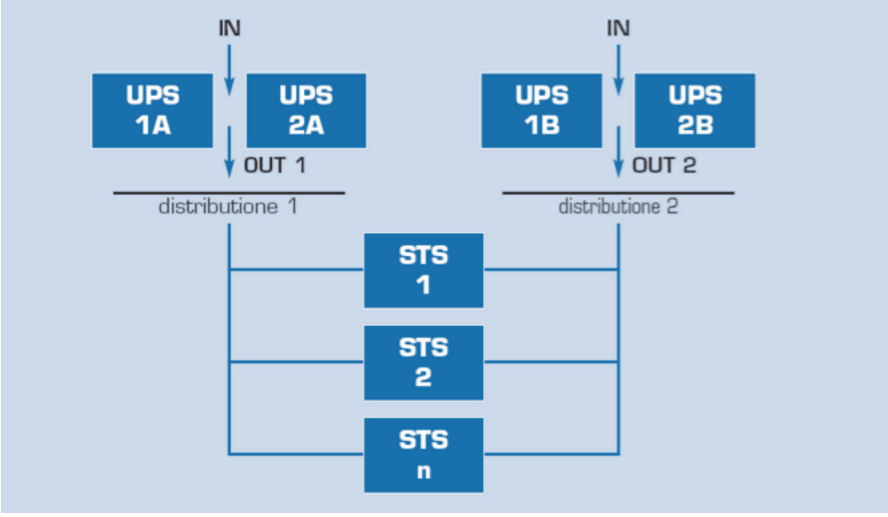


Figura 2: Gruppi statici di continuità

Le architetture con più STS, ognuno dei quali alimenta carichi differenti, permettono la separazione automatica di un carico difettoso alimentato dalla stessa sorgente, proteggendo le utenze correttamente funzionanti dagli effetti della propagazione del guasto. Essi offrono una maggiore disponibilità e semplificano la manutenzione dell'impianto, senza tempi d'inattività o rischi per i carichi critici.
Per un Paese come l'Italia, che importa una quota consistente di energia rapportata al proprio fabbisogno nazionale, l'attuazione di una politica orientata all'efficienza energetica è di certo lo strumento più concreto per ridurre in tempi brevi il peso della "tassa energetica" sul nostro potenziale di sviluppo. L'efficienza energetica è per l'industria che Federazione ANIE rappresenta una nuova frontiera dell'innovazione tecnologica.

Il risparmio energetico è uno dei temi sui quali si incentra, a cascata, anche l'attività di AssoAutomazione e dei suoi Gruppi. Già da alcuni anni, infatti, il settore UPS si sta muovendo per migliorare l'**efficienza energetica** ed il **rispetto ambientale**. Questo è in parte dovuto all'introduzione di regolamentazioni o direttive europee, vedi RAEE per lo smaltimento a fine vita dei prodotti e RHoS per l'eliminazione di sostanze pericolose all'interno dei prodotti. Ma in altri casi gli stessi costruttori di UPS si sono attivati per introdurre dei miglioramenti di prestazioni dei propri prodotti. In questo ambito si colloca il nuovo Code Of Conduct redatto dalla Commissione europea in collaborazione con il **Cemep** (Comitato europeo che raccoglie le principali associazioni europee operanti nel settore delle macchine elettriche e dell'elettronica di potenza), che definisce i valori minimi di rendimento per le apparecchiature immesse nel mercato dal 1° Gennaio 2011.
L'evoluzione tecnologica dei componenti ed altre innovative soluzioni, hanno permesso di ridurre sensibilmente le perdite o il consumo degli UPS, incrementando così il rendimento. Da notare che anche un lieve miglioramento in termini percentuali comporta un notevole risparmio energetico, grazie al fatto che l'UPS in genere rimane in funzionamento per 24 ore al giorno e 365 giorni all'anno.
Un altro elemento significativo è il miglioramento delle caratteristiche di ingresso che ha sostanzialmente annullato l'inquinamento armonico introdotto dallo stadio di ingresso dell'UPS ed elevato il fattore di potenza all'unità. Questo è stato ottenuto cambiando radicalmente la tecnologia del raddrizzatore ed ottenendo così benefici nella riduzione delle perdite sull'impianto a monte dell'UPS.
L'attività di ricerca e innovazione posta in essere dalle Aziende con l'obiettivo di introdurre sul mercato prodotti sempre più efficienti si è tradotta, a livello associativo, in un'attività di lobby tesa ad ottenere misure di supporto per la commercializzazione di UPS a più elevata efficienza energetica.
In collaborazione con AssoAutomazione il Gruppo di lavoro tecnico UPS attivo in Associazione ha quindi realizzato, sulla base dei dati messi a disposizione dalle imprese, un'analisi di impatto degli UPS ad alta efficienza energetica la cui sintesi è stata inserita all'interno del documento della Task Force Efficienza Energetica di Confindustria *"Primi risultati dei risparmi conseguibili con azioni di efficienza energetica"* presentato al Ministero dello Sviluppo Economico a fine 2009 con l'obiettivo, appunto, di ottenere misure di supporto e incentivazione per l'acquisto di UPS ad alta efficienza energetica.
Altro punto focale dell'attività dell'Associazione è la "**sicurezza**" intesa anche come tutela delle persone e delle infrastrutture. In tale settore i Gruppi Statici di Continuità costituiscono, anche dal punto di vista normativo, l'elemento fondamentale nella filiera degli impianti elettrici.
Tra i principali ambiti di utilizzo, particolarmente collegati alla tematica sicurezza, le applicazioni ospedaliere, gli impianti legati ai trasporti aeronautici e a quelli su rotaie, tanto per citare gli esempi più immediati. Ma è importante evidenziare anche gli utilizzi relativi agli impianti di illuminazione di emergenza, che devono garantire la continuità di energia elettrica nelle gallerie stradali, ferroviarie e nei luoghi pubblici.
Proprio a tali tematiche sono state dedicate negli anni delle Guide redatte dal Gruppo UPS e nate con l'obiettivo di fornire a progettisti ed installatori gli elementi di base per scegliere cor-

rettamente un UPS sicuro ed affidabile, per installarlo nel rispetto delle norme (*"Installare l'UPS"*) nelle sue diverse applicazioni (*"Proteggere l'Informatica"*, *"UPS: Energia per l'illuminazione di emergenza"*, *"UPS: Energia di qualità per applicazioni medicali"*). Il Gruppo ha inoltre contribuito, in collaborazione con il CEMEP, alla redazione delle varie edizioni di ***"Gruppi Statici di Continuità – Guida europea"*** con l'obiettivo di fornire aggiornamenti sulle funzioni degli UPS e sulle evoluzioni tecnologiche degli stessi, sulla base della condivisione di informazioni sullo stato dell'arte degli UPS tra tutti i produttori europei.

Recentemente, inoltre, con il contributo tecnico di ANIE - AssoAutomazione e del Sottocomitato CEI 22 "UPS" è stato pubblicato il documento divulgativo CEI ***"Apparecchiature per l'alimentazione elettrica di continuità. Procedure per la verifica e la manutenzione"***. Esso ha lo scopo di richiamare l'attenzione sull'importanza primaria della manutenzione per le apparecchiature destinate ai servizi di sicurezza e di continuità di processo.

Il documento divulgativo chiarisce le responsabilità e specifica le procedure per effettuare le verifiche, la manutenzione sistematica e la revisione delle apparecchiature per l'alimentazione elettrica di continuità e in particolare per applicazioni critiche quali:

- centri di elaborazione dati;
- applicazioni medicali;
- processi industriali;
- aeroporti;
- telecomunicazioni;
- antincendio automatici;
- cercapersone e segnalazione;
- aspirazione fumi;
- presenza di monossido di carbonio;
- aree ad alto rischio.

Non si applica invece alle apparecchiature mobili e all'illuminazione di sicurezza degli edifici.

2. Introduzione agli UPS e loro manutenzione

2.1 GRUPPI STATICI DI CONTINUITÀ: utilizzo, tipologie e campi di applicazione

QUANDO PREVEDERE UN GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ

È opportuno inserire un gruppo statico di continuità nel progetto di un impianto elettrico in tutte le occasioni nelle quali la qualità dell'energia dell'alimentazione non risulta adeguata alle esigenze del carico da alimentare oppure quando le conseguenze economiche di un fuori servizio sono particolarmente importanti oppure quando l'alimentazione non può mancare per motivi di sicurezza.
Per questo motivo, molti carichi, noti come carichi sensibili o critici, richiedono un'alimentazione che sia immune dai disturbi della rete di distribuzione. Esempi tipici e relativi rischi sono:

- processi industriali e rispettivi sistemi di controllo/monitoraggio con perdite di produzione
- aeroporti e ospedali con risvolti pericolosi per le persone
- tecnologie informatiche e di comunicazione per Internet con arresti dell'elaborazione particolarmente onerosi.

La continuità è oggigiorno solo una delle funzioni assolte dagli UPS. Agendo infatti come *interfaccia* tra gli utilizzatori e la rete di distribuzione, i gruppi statici di continuità garantiscono al carico un'alimentazione elettrica continua di *alta qualità*, indipendentemente dagli eventi di rete ed entro tolleranze compatibili con i requisiti del carico, e agendo in molti casi addirittura da filtro per eventuali disturbi e distorsioni iniettate a monte verso la sorgente di alimentazione.
Tra le varie soluzioni, mirate alla mitigazione dei buchi di tensione e delle interruzioni, messe a disposizione dalla moderna tecnologia, l'UPS statico rappresenta certamente la più diffusa e la più versatile in quanto applicabile su un'ampia gamma di potenze. Si pensi a questo proposito ai piccoli UPS per applicazioni "SOHO" (Small Office Home Office) alla portata di qualsiasi utente di personal computer, anche in ambito domestico, dal costo di alcune decine di Euro, fino a sistemi di grosse dimensioni in grado di proteggere dagli eventi tipici di una bassa qualità dell'energia elettrica impianti di diverse centinaia o addirittura migliaia di kVA.

CLASSIFICAZIONI E TIPOLOGIE

È stata sviluppata una notevole varietà di UPS in risposta a specifici requisiti dei clienti circa la continuità e la qualità dell'alimentazione destinata a diversi tipi di carico.
L'attuale classificazione in base alle prestazioni è stabilita dalla norma CEI EN 62040-3:

- **VFI (Voltage and Frequency Independent)**: in cui l'uscita dell'UPS è indipendente dalle variazioni della tensione di alimentazione (rete) e le variazioni di frequenza sono controllate entro i limiti prescritti dalla norma IEC EN 61000-2-2.
- **VFD (Voltage and Frequency Dependent)**: in cui l'uscita dell'UPS dipende dalla variazioni della tensione e della frequenza della sorgente di alimentazione (rete).
- **VI (Voltage Independent)**: in cui le variazioni della tensione di alimentazione sono stabilizzate da dispositivi di regolazione elettronici/passivi entro i limiti di normale funzionamento.

A tale classificazione corrispondono tre famiglie di prodotti in funzione delle tipologie interne adottate:

- passive standby (passivo di riserva);
- line interactive (interattivo);
- double conversion (doppia conversione on-line).

Passive standby (Fig. 3)

L'utenza è normalmente alimentata dalla rete. Contemporaneamente viene alimentato dalla rete il caricabatterie che mantiene gli accumulatori al massimo livello di carica.
Quando la tensione di ingresso non rientra nelle tolleranze ammesse dall'UPS, questo funzionerà da batteria. In questo caso l'invertitore entrerà in funzione alimentando direttamente il carico sostenuto dalle batterie.
Il sistema batteria/invertitore mantiene l'alimentazione al carico fino all'esaurimento della batteria o fino al rientro della tensione di alimentazione di ingresso entro le tolleranze ammesse dall'UPS.
I pregi di questa soluzione consistono sostanzialmente nella semplicità dello schema, che porta come conseguenza al contenimento del costo dell'apparecchiatura e ad un elevato rendimento in funzionamento normale.

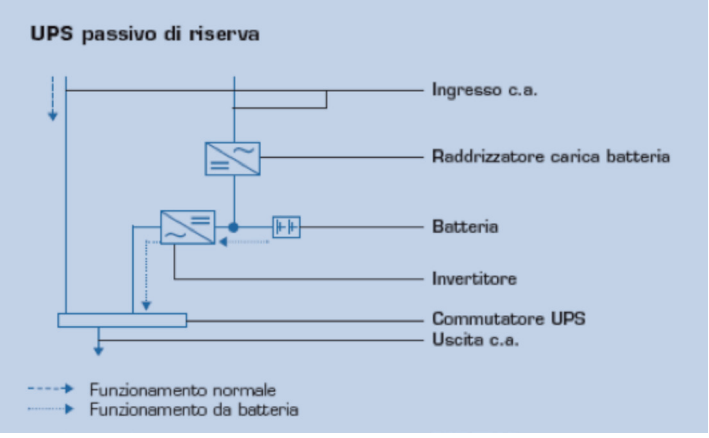


Figura 3

Line interactive (Fig. 4)

Nel modo di funzionamento normale, il carico è alimentato con una tensione stabilizzata dall'invertitore dell'UPS che funziona in parallelo con l'ingresso c.a. L'invertitore garantisce la stabilizzazione della tensione di uscita e provvede alla carica delle batterie. La frequenza di uscita dipende dalla frequenza di ingresso in c.a..
Quando la tensione dell'alimentazione c.a. non rientra nelle tolleranze ammesse dall'UPS, l'invertitore e la batteria garantiscono un'alimentazione ininterrotta del carico e un interruttore nell'interfaccia seziona l'alimentazione di ingresso per evitare "ritorni di energia" in rete.

Si ottiene un certo miglioramento della qualità della tensione, anche se limitatamente ad alcuni aspetti quali quelli relativi alla presenza di buchi di tensione o fluttuazioni di ampiezza.
I rendimenti tipici di questa tipologia di UPS sono piuttosto elevati e si aggirano intorno al 96–98% grazie al fatto che la corrente diretta al carico non subisce, durante il funzionamento in presenza della rete, alcuna conversione.

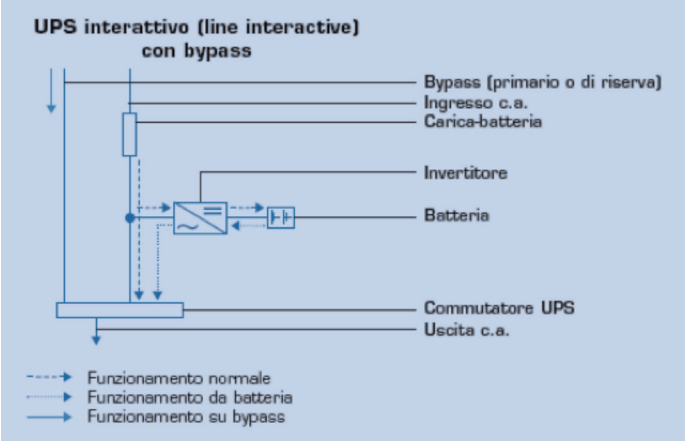


Figura 4

Double conversion (Fig. 5)

Gli UPS a doppia conversione costituiscono, a differenza delle configurazioni viste in precedenza, veri e propri generatori elettrici completamente svincolati dalla rete di alimentazione a monte.
Nel modo di funzionamento normale il carico è alimentato a ciclo continuo dalla combinazione raddrizzatore/invertitore con struttura a doppia conversione, ovvero c.a. - c.c. - c.c.- c.a. Quando l'alimentazione c.a. d'ingresso non rientra nelle tolleranze preimpostate dell'UPS, questo entra nel modo di funzionamento da batteria, nel quale la combinazione batteria/invertitore continua a supportare il carico fino all'esaurimento dell'energia immagazzinata (autonomia) o fino al rientro dell'alimentazione di ingresso entro le tolleranze ammesse dall'UPS.
L'efficienza degli UPS a doppia conversione, tipicamente del 90 – 96%, risulta essere inferiore rispetto a quella di un *line interactive o passive standby*.
Tuttavia i benefici di una qualità dell'energia di massimo livello ottenibili grazie alla doppia conversione compensano un aspetto energetico comunque degno di nota, grazie a moderni dispositivi di conversione (IGBT).

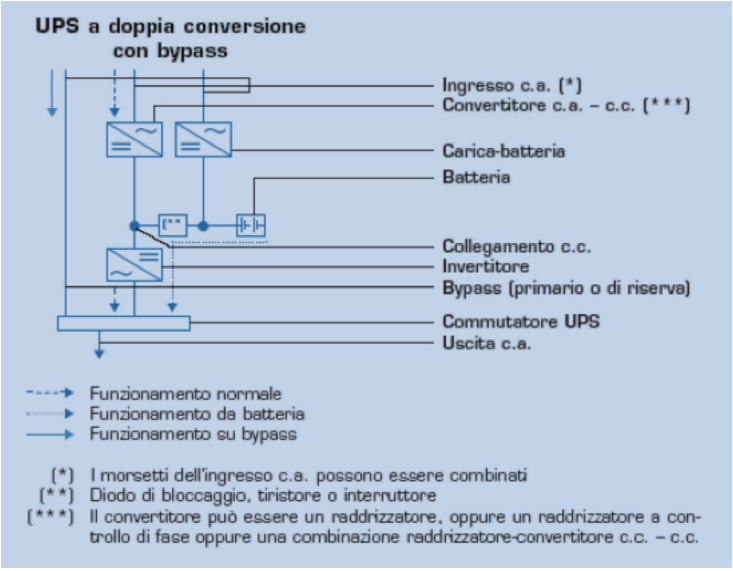

UPS a doppia conversione
con bypass
Ingresso c.a. (*)
Convertitore c.a. – c.c. (***)
Carica-batteria
Batteria
Collegamento c.c.
Invertitore
Bypass (primario o di riserva)
Commutatore UPS
Uscita c.a.
Funzionamento normale
Funzionamento da batteria
Funzionamento su bypass
(*) I morsetti dell'ingresso c.a. possono essere combinati
(**) Diodo di bloccaggio, tiristore o interruttore
(***) Il convertitore può essere un raddrizzatore, oppure un raddrizzatore a controllo di fase oppure una combinazione raddrizzatore-convertitore c.c. – c.c.

Figura 5

CRITERI PER IL DIMENSIONAMENTO DI UN GRUPPO STATICO DI CONTINUITÀ

Scegliere la potenza di un gruppo statico di continuità è un'operazione che coinvolge elementi di varia natura sia funzionali sia normativi, i quali possono essere riassunti in:

- Potenza Attiva (P in W o kW), Potenza Apparente (S in VA o kVA) e Fattore di Potenza (F), definiti come P = S x FP sulla base dei carichi alimentati e del loro coefficiente di contemporaneità;
- tipo di alimentazione del carico (Tensione, Frequenza, numero delle fasi);
- autonomia richiesta;
- tipo di alimentazione della rete (Tensione, Frequenza, numero delle fasi).

Se il valore di P e di FP dei carichi non è precisato, una corretta scelta dell'UPS richiede l'accurata misura della potenza assorbita. Il carico tipico di un computer è associato ad un FP tra 0,65 e 0,9.
L'applicazione della correzione del fattore di potenza (PFC) sull'ingresso di un alimentatore a commutazione (SMPS) è sempre più diffusa tra le apparecchiature informatiche di "fascia alta" (server aziendali). Questi raddrizzatori PFC si servono principalmente di filtri passivi che integrano condensatori, per sovracompensare un eventuale leggero carico dello SMPS. In questo caso il carico presenterà all'UPS o a un'altra sorgente un fattore di potenza in anticipo (tipicamente da 0,8 a 0,95 in anticipo).
L'utente dovrà pertanto assicurarsi che l'UPS sia in grado di alimentare tale carico in anticipo, con una riduzione di potenza o un sistema di correzione induttiva del fattore di potenza.
Occorre inoltre tenere conto della particolarità di certi carichi che costringono a valutare anche la capacità dell'UPS di gestire correnti di spunto notevolmente superiore a quella nominale, sovraccarichi e distorsioni.
Valori di corrente del 150% della nominale per un minuto fino al 200% per 100ms in assenza rete sono parte delle normali prestazioni di UPS di una certa importanza. In caso di sovraccarichi in pre-

senza di rete il funzionamento passerà in modalità da bypass con portata di corrente superiore.
Altri carichi assorbono correnti con fase e forme d'onda particolari che devono essere tenute in debita considerazione nel dimensionamento del gruppo statico.
Nel caso di utenze distorcenti normalmente il sistema non viene declassato per carichi non lineari normalizzati secondo la Norma IEC EN 62040-3 con fattore di cresta inferiore a tre (3:1).
I riferimenti per la *scelta dell'autonomia* di un gruppo statico di continuità sono diversi a seconda che si tratti di un gruppo utilizzato in un impianto di riserva o di sicurezza.
Nel primo caso infatti i criteri sono legati esclusivamente a fattori economici e tecnici tipici del processo (presenza contemporanea o meno di un generatore diesel ad esempio) e che non possono che ricadere nella sfera delle politiche aziendali. Nel secondo caso invece, coinvolgendo la sicurezza, sono stati definiti dei limiti normativi e di legge dall'autorità costituita (da 1 a 3 ore di autonomia).

NON SOLO CONTINUITÁ

Gli UPS, oltre a garantire assoluta continuità di servizio, possono incorporare le funzioni di filtro delle armoniche e di rifasamento dei carichi.
Il gruppo di continuità, frapponendosi tra il carico e la sorgente di alimentazione a monte, "sposta" al suo ingresso eventuali problemi dovuti a sfasamento e distorsione armonica della corrente assorbita. Gli inconvenienti causati da tali tipi di utenze consistono tipicamente nella necessità di sovradimensionare l'impianto a monte (per evitare eventuali sovratemperature o funzionamenti anomali ad es. del generatore diesel), di aggiungere filtri di rifasamento e di riduzione delle armoniche e nella possibilità di malfunzionamento di altre utenze connesse con la stessa rete a monte.
E' quindi importante che lo stadio di ingresso di un UPS riduca al minimo lo sfasamento e la distorsione armonica della corrente assorbita in ingresso.
Le soluzioni più avanzate prevedono la realizzazione di un raddrizzatore dotato di controllo attivo del fattore di potenza in ingresso (PFC) tramite stadio di conversione di potenza a IGBT con PWM ad alta frequenza.
La attuali prestazioni di UPS prevedono THDi inferiori al 5% e fattore di potenza (FP) praticamente uguale ad 1.

LE BATTERIE

Uno dei componenti più critici e, nel contempo, più strategici per la corretta funzionalità dell'UPS sono le batterie. Per questo, infatti, la maggior parte degli UPS integra un sistema automatico di verifica per rilevarne in anticipo il degrado delle prestazioni. Ovviamente, molto dipende anche dalla tipologia di batterie utilizzate; in genere sono della categoria VRLA (Valve Regulated Lead Acid) e del tipo AGM (Absorbed Glass Mat). Per applicazioni e condizioni climatiche particolari vi è, inoltre, la possibilità di utilizzare batterie al piombo a vaso aperto con manutenzione e batterie al Nichel-Cadmio.

Eurobat, l'Ente che riunisce i costruttori di batterie europei, le suddivide come segue:

- ✓ 3-5 anni - "Standard" commerciale
- ✓ 6-9 anni - Uso generale
- ✓ 10-12 anni - Elevate prestazioni
- ✓ oltre 12 anni - Lunga durata

Il tipo di batteria impiegata dipende dalla richiesta del cliente Anche in questo caso, molto dipenderà dalle condizioni di utilizzo, quali temperatura e numero di scariche. In particolare, come si può leggere chiaramente dal grafico di fig. 6, la temperatura ha un'influenza determinante: la vita della batteria si dimezza ogni 10°C di aumento.

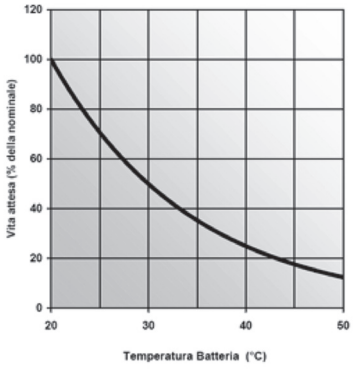


Figura 6

MANUTENZIONE E SERVIZI

Uno dei fattori critici nella scelta dell'UPS è l'assistenza tecnica fornita dal produttore ai propri clienti, sia attuali che futuri. I seguenti servizi dovrebbero essere considerati:

- assistenza prevendita,
- installazione e messa in servizio,
- contratto di manutenzione,
- assistenza post-vendita,
- supervisione remota,
- formazione.

Per mantenere il massimo livello di affidabilità, disponibilità e sicurezza delle apparecchiature di continuità è importante che venga effettuato un efficace ed efficiente servizio di manutenzione (v. cap. 2.2 La manutenzione degli UPS).

CAMPO DI APPLICAZIONE DEGLI UPS

Gli UPS trovano applicazione nei seguenti settori:

- apparecchiature mobili
- centri di elaborazione dati;

- applicazioni medicali;
- processi industriali;
- aeroporti
- telecomunicazioni;
- antincendio automatici;
- illuminazione di sicurezza degli edifici;
- cercapersone e segnalazione;
- aspirazione fumi;
- presenza di monossido di carbonio;
- aree ad alto rischio.

Talune aziende, inoltre, per applicazioni con requisiti particolari, per lo più di tipo industriale, sono in grado di fornire soluzioni con un notevole grado di personalizzazione. Si va dalla fornitura di involucri con gradi di protezione (IP) più elevati, al posizionamento su supporti antivibranti ad esempio per la classificazione marina a bordo nave, fino alla possibilità di quadri di continuità con verniciature speciali completi di distribuzioni e accessori, interfacce uomo-macchina dedicate ed immediate per ambienti quali centrali elettriche o petrolifere, ove si riesce a garantire l'assoluta continuità sia dei dispositivi di controllo che di quelli di emergenza e sicurezza.

2.2 La manutenzione degli UPS

ASPETTI INTRODUTTIVI SULLA MANUTENZIONE

L'energia elettrica nella civiltà moderna è una risorsa preziosissima che deve essere erogata in sicurezza: distrazioni umane, fenomeni naturali, guasti compromettono spesso la continuità e la qualità della tensione di rete, mettendo a repentaglio i carichi critici, causando danni economici, pregiudicando il funzionamento di strumenti indispensabili o comportando la perdita di dati preziosi. La motivazione primaria per l'installazione di una unità UPS è la fornitura di una alimentazione "pulita" senza interruzioni. Dotarsi di UPS significa riconoscere l'importanza vitale della protezione dei Sistemi installati. E' quindi essenziale considerare il costo complessivo di un eventuale guasto, per quanto improbabile esso possa essere. Ottimizzare il rendimento del capitale investito, accertarsi che le proprie apparecchiature forniscano una prestazione eccellente, costante e continua nel tempo è importante: l'obiettivo finale è prevenire una situazione imprevista di *fermo* e proteggere i sistemi dei Clienti nei momenti critici. Una elevata disponibilità e qualità di energia prodotta dal sistema, non può che essere raggiunta unicamente attraverso un'elevata affidabilità di progetto o di prodotti, ma anche attraverso attenti piani di manutenzione. Da qui nasce l'importanza della manutenzione predittiva (*scheduled,* per usare un termine anglosassone), che interviene in maniera mirata e tempestiva basandosi sull'individuazione di parametri significativi e sull'estrapolazione del tempo residuo prima dell'avaria, ovvero del raggiungimento di una condizione limite predefinita, volta a rimuovere dal sistema UPS quel o quei componenti, prima che arrivino a fine vita, mantenendo quindi costante nel tempo il livello di affidabilità e in ultima analisi di disponibilità della sorgente di alimentazione verso i carichi critici.

La manutenzione correttiva (*unscheduled*) al contrario non è pianificabile, a causa dell'imprevedibilità del guasto. Essa ha lo scopo di ripristinare le condizioni di efficienza nel più breve tempo possibile.
La capacità di diagnosi dell'avaria, la pronta disponibilità delle attrezzature, materiali, parti di ricambio e personale qualificato, oltre ad una buona organizzazione del servizio, costituiscono fattori basilari per l'efficacia dell'azione correttiva.
La manutenzione correttiva, come vedremo più avanti, è importante in quanto, se efficace, riesce a ridurre l'MTTR e quindi apporta un contributo sostanziale nell'aumentare la disponibilità dell'UPS a fornire l'alimentazione in modo continuativo.
Le filosofie e le tecniche moderne fanno della manutenzione una scienza che contribuisce a ottimizzare l'impiego dell'UPS e a massimizzare la disponibilità di alimentazione verso i carichi critici.
L'attività di manutenzione è quindi basilare per il funzionamento di un prodotto ad elevata tecnologia come l'UPS ed è giustificata dal punto di vista economico per il contenimento dei costi di gestione nell'intero arco della vita del prodotto "*life cycle cost*" e per i danni che ci si può attendere dalla perdita dei carichi critici.

DEFINIZIONI

MTBF
E' il parametro di riferimento per la valutazione dell'affidabilità di un'apparecchiatura ed indica la durata tra un primo guasto ed il successivo. L'acronimo MTBF deriva dal linguaggio anglosassone che significa *Mean Time Between Failure*. In generale, più è alto il numero (in termini di ore) che esprime l'MTBF, più un'apparecchiatura è affidabile. Tipicamente questo numero è dell'ordine di migliaia ore di funzionamento tra un guasto e l'altro.
MTTR
E' il parametro di riferimento per la valutazione del grado di riparabilità dell'apparecchiatura. In altri termini indica il tempo medio atteso per il ripristino di un'apparecchiatura a seguito di un guasto.
L'acronimo MTTR sta per: *Mean Time To Repair*.
Il numero (in ore) che esprime l'MTTR deve essere molto piccolo (qualche unità di ore).

DISPONIBILITA' DELL' UPS

La disponibilità indica la capacità di fornire in modo continuativo l'alimentazione alle utenze collegate ai morsetti di uscita dell'UPS ed è definita dalla seguente formula:
A = (1 - MTTR / MTBF)*100
MTBF (Mean Time Between Failure) = identifica il tempo di buon funzionamento tra un guasto ed il successivo.
MTTR (Mean Time To Repair) = identifica il tempo medio stimato di riparazione. (Da notare che il valore di MTTR va definito in presenza dei ricambi necessari in sito al momento dell'intervento).

La disponibilità è quindi il parametro che specifica la percentuale di tempo durante il quale esso è in grado di svolgere la propria funzione, ed è uno degli indicatori più rilevanti per definire la continuità di servizio e la qualità dell'energia fornita. Come si evince dalla formula, il tempo medio stimato di riparazione deve essere il più breve possibile per avere una disponibilità di servizio (continuità dell'alimentazione) prossimo al valore unitario (teorico).
In condizioni di utilizzo ottimali ci si attendono valori di disponibilità del sistema teorici del 99.99%.
L'obiettivo di elevare gli standard di affidabilità richiede un continuo sforzo nel progresso tecnico, di fabbricazione, logistico ed un sistema di Assicurazione della Qualità che comportano i seguenti aspetti:

Aumento dell'affidabilità degli UPS (Aumento MTBF)

E' un processo costante che spesso coinvolge molte funzioni aziendali, dalla progettazione, produzione, collaudo alla qualità. Spesso queste funzioni aziendali studiano soluzioni sempre più all'avanguardia e con un costante riferimento alla ottimizzazione delle scelte tecniche che sono alla base di un prodotto affidabile.
Le scelte tecniche molto spesso sono ottimizzate sulla base dell'esperienza aziendale e quindi sul background storico che possiede un'azienda e che tendono ad attenuare od eliminare le criticità del sistema.
In queste scelte rientrano l'accurato dimensionamento dei componenti di potenza e quindi i margini di sicurezza. Ad esempio, tra i componenti di potenza più critici, dal punto di vista della vita attesa, vi sono i condensatori elettrolitici, che formano il banco di filtraggio nella sezione di uscita del raddrizzatore.
La temperatura massima di lavoro di questi dispositivi ne determina la loro durata nel sistema. La temperatura massima dipende oltre che dalla scelta progettuale anche dalla percentuale di carico applicato all'UPS. Generalizzando si può dire che per ogni 10°C di aumento della temperatura interna del condensatore si dimezza la vita effettiva (legge di Arrhenius).
Ma non solo, una buona azione di filtraggio, che presuppone la limitazione del *ripple* di tensione del banco in continua (Dc Bus) all'interno dell'1% o meno contribuisce anche a limitare il surriscaldamento delle batterie, che sono direttamente collegate al Dc Bus, in fase di ricarica delle stesse da parte della sezione raddrizzatore.
Come si può capire dalle considerazioni sopra espresse, una non accurata progettazione delle singole funzioni dell'UPS, può influire a catena a ridurre l'affidabilità anche di altri componenti del sistema.
In generale, nel sistema UPS, i componenti più critici, riguardo alla vita attesa, sono appunto i condensatori elettrolitici, per quanto detto sopra; i ventilatori, in quanto componenti soggetti ad usura (a parità di condizioni di funzionamento la vita effettiva dipende soprattutto dalla temperatura dell'aria estratta); le batterie (il componente più strategico per la massima funzionalità dell'UPS), la cui durata è fortemente dipendente dalla temperatura, anche in questo caso un aumento di 10°C di temperatura ne dimezza la vita attesa.

In Fig. 7 viene riportato un esempio di grafico con le relative curve di vita attesa in funzione delle temperature di lavoro:

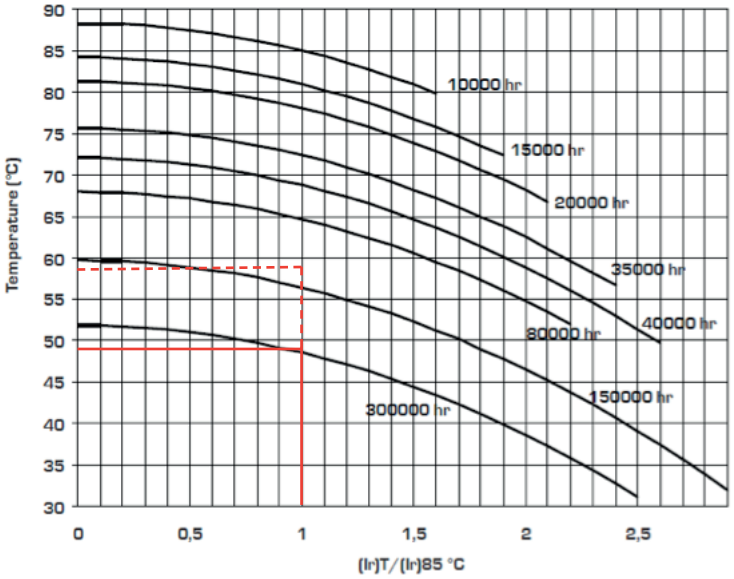


Figura 7: CONDENSATORI - vita attesa in funzione della temperatura.

L'esempio riportato nel grafico dimostra che la vita attesa del condensatore si porta da 300.000 ore a 150.000 ore passando ad una temperatura di funzionamento più elevata di circa 10°C.

Riduzione dei tempi di manutenzione *(Diminuzione MTTR)*

La modularità e la testabilità degli UPS consente di ridurre a poche ore o anche meno l'analisi dei guasti e la loro tempestiva soluzione; per quanto detto l'MTTR è un parametro che è influenzato dalla progettazione costruttiva dell'apparecchiatura: facilità di accesso ai componenti interni e quindi alla loro sostituzione. Un esempio può essere quello relativo ad un'apparecchiatura con l'accesso esclusivamente frontale per rimuovere i moduli di potenza, schede, ed altri componenti del sistema.
Inoltre le apparecchiature dotate dei sistemi di diagnostica che possono facilitare l'identificazione del guasto portano ad una diminuzione dell'MTTR.
Generalmente negli UPS sono presenti soluzioni software implementate su schede digitali a DSP o a microprocessore che permettono la memorizzazione degli eventi che sono accaduti prima del guasto. Tali eventi sono memorizzati in associazione con la data e l'ora e questo facilita l'analisi da parte del Tecnico addetto alla manutenzione.
I fattori chiave che determinano la riduzione dell'MTTR possono essere classificati più o meno nel seguente ordine:

- Competenza del personale Tecnico nella localizzazione dei guasti
- Tempi di Reazione del servizio
- Distanza dal sito di intervento
- Disponibilità delle parti di ricambio

- Metodi e mezzi adottati per l'intervento
- Esperienza sul campo del personale addetto.

Un aspetto importante per una rapida riparazione implica una buona conoscenza dei sistemi di continuità. Per questo aspetto, sono molto importanti i programmi continui di formazione che consentano di verificare che le riparazioni vengano effettuate nel minor tempo possibile.
Inoltre per avere un'assistenza qualificata è necessario avere un team di personale tecnico che ha un contatto immediato con i progettisti del sistema.
Altri fattori determinanti nella riduzione dei tempi di manutenzione sono:

- *Diminuzione ritardo logistico:* la si ottiene con un servizio di assistenza che cresce diventando sempre più capillare garantendo le scorte dei ricambi originali ritenuti più utili.
- *Diminuzione tempo di diagnosi avaria:* la diagnostica remota negli ultimi anni si è sempre di più diffusa come strumento di comunicazione che consente di allarmare nel più breve tempo possibile il personale addetto all'assistenza e quindi di poter intervenire tempestivamente e, a volte, in maniera mirata sul guasto.

TELE-ASSISTENZA

In un impianto dove sono presenti degli UPS è oggi giorno sempre più necessario affidarsi a dei sistemi automatici di supervisione remota di impianto.
Molti produttori di UPS forniscono un sistema di Tele-Assistenza con lo scopo di monitorare l'impianto e per poter ottenere, in tempi opportuni, segnalazioni di allarme permettendo così al personale predisposto alla manutenzione, di intervenire repentinamente.
Per ottenere un sistema efficiente ed efficace di Tele-Assistenza è necessario un collegamento tra i "team" preposti all'installazione e alla manutenzione dell'impianto.
Il sistema si basa, inoltre, sulla predisposizione che hanno i dispositivi di comunicare i propri dati e i propri stati e allarmi.

Gestione degli allarmi

Premessa l'esistenza di tutte le condizioni appena esposte, il sistema di Tele-Assistenza offre i seguenti vantaggi:

- Raccolta dati e misure per la costruzione di un Data-Base Storico che permetta di effettuare delle analisi sulla vita dell'impianto e dei dispositivi che ne fanno parte
- Servizio di alerting che può avvenire via e-mail e/o SMS verso un "team" di manutenzione, svolto da specialisti di alto livello
- Possibilità di prevenire rotture di alcuni componenti interni ai dispositivi presenti in impianto analizzando l'andamento storico di alcune misure.

Per poter essere implementata, la Tele-Assistenza necessita di alcuni dispositivi da collocare in campo preposti alla comunicazione dei dati, alla loro raccolta e memorizzazione e per effettuare una comunicazione di eventuali anomalie o allarmi presenti sull'impianto.
Dal punto di vista logico, la Tele-Assistenza è basata su una suddivisione gerarchica dove oggetti di ugual complessità sono raggruppati tra loro fino a costituire un oggetto di complessità superiore. Questa scelta è suggerita dall'organizzazione topologica dell'impianto stesso.

E' possibile quindi suddividere un impianto in più aree di competenza dove per ognuno sono raggruppati un certo numero di UPS che, ad esempio, gestiscono un'area o una parte del carico dell'impianto o che ancora sono fisicamente dislocati in locali diversi di uno stesso impianto.
Ciò premesso è possibile creare un sistema gerarchico che, ad esempio, preveda (Tab. 1):

Livello	Elemento	Descrizione oggetto
0	Singolo UPS	Elemento atomico
1	Zona	Insieme di più UPS o parallelo di UPS
2	Impianto	Insieme di più zone o di paralleli di UPS
3	Sistema	Insieme di Impianti

Tab. 1

Osservazioni:

- Un Singolo UPS è il dispositivo atomico di questa architettura.
- Una Zona è un insieme di più UPS tipicamente collegati tra loro mediante un bus di collegamento di tipo seriale (es. RS232 o RS485/RS422 o tramite fibra ottica). Sostanzialmente è un collegamento logico-fisico di più UPS.
- Un Impianto è un insieme di più Zone tipicamente legate tra loro mediante una struttura di Rete Locale (LAN).
- Un Sistema è un insieme di più impianti che fisicamente e geograficamente possono essere anche molto lontani, ma monitorati da una stessa centrale operativa o "team" di manutenzione.
- Dal punto di vista grafico l'architettura è riassumibile in (Fig. 8):

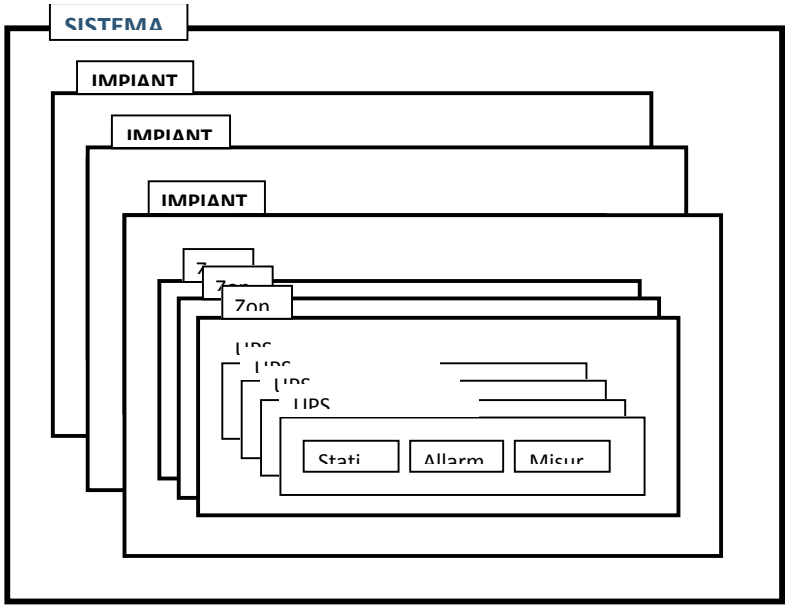


Figura 8

Ogni livello gerarchico necessita di Hardware per la sua implementazione:

- Per un Sistema è necessario disporre un Server in una *control* room che faccia da centro raccolta dati di tutti gli impianti da monitorare
- Per un Impianto è necessario inserire un Modem (che può essere un modem GSM, GPRS, UMTS ADSL, Analogico o anche una combinazione di più tecnologie) e un Router i quali hanno due compiti: quello di effettuare un ponte tra il server remoto per la trasmissione dei dati e quello di analisi degli allarmi più gravi presenti sull'impianto e comunicarli autonomamente via SMS ad un "team" predisposto alla manutenzione per ottenere un pronto intervento
- Per una Zona è necessario un Gateway Ethernet/Seriale per convertire i dati seriali provenienti dagli UPS, verso la LAN preposta alla costruzione dell'Impianto.
- Gli UPS devono fornire un interfaccia presso la quale attestarsi per poterne leggere le informazioni.

E' fondamentale, per un corretto funzionamento ed una totale efficacia della Tele-Assistenza, che l'invio dell'alerting sia tempestivo appena un allarme ritenuto grave e che pregiudica il corretto funzionamento di uno degli UPS dell'Impianto, viene rilevato.
Per questo è necessario avere per ogni impianto un dispositivo intelligente che permetta di inviare SMS su allarmi che possiamo definire "primari" e che necessitano di tempi di reazione rapidi, ad esempio tramite un programma basato sulla reperibilità del personale tecnico.
Dal punto di vista degli altri allarmi (che non pregiudicano la continuità dell'alimentazione ai carichi critici) è necessario che la centrale operativa preposta alla manutenzione analizzi i dati ricevuti e organizzi in tempo degli interventi di risoluzione dei problemi ed effettui delle manutenzioni programmate, mirate ad evitare problemi più seri in futuro.

Responsabilità del produttore e dell'acquirente

Il produttore, all'atto dell'installazione del Sistema, fornisce all'acquirente il manuale di installazione ed uso che, oltre a dare tutte le informazioni utili alla fruizione e alla sicurezza del prodotto come richiesto dal Codice del Consumo (D.Lgs 206/05), fornisce anche le indicazioni sufficienti per permettere all'acquirente di effettuare la manutenzione nell'ipotesi in cui quest'ultimo abbia scelto di non affidarla al produttore o, in alternativa, a personale autorizzato.
Ciò posto, nel caso di guasto dell'Apparecchiatura che provochi un danno, a seconda che il danno derivi da difetto originario dell'apparato ovvero esclusivamente da omessa o da cattiva manutenzione, le responsabilità sono in capo a soggetti diversi.
a) Danni da prodotto difettoso: responsabilità in capo al produttore
Il produttore è tenuto a fornire all'acquirente le garanzie di conformità dell'UPS di cui agli artt. 129 s.s. Codice del Consumo e, in particolare, è tenuto a consegnare un apparato che sia idoneo all'uso al quale servono abitualmente i beni dello stesso tipo, che presenti le qualità e le prestazioni abituali di un bene dello stesso tipo o che sia idoneo all'uso particolare voluto dall'acquirente e che sia corredato da manuale di installazione ed uso.
Nell'ipotesi in cui l'apparato fornito non sia "conforme" come richiesto dalla legge, ai sensi dell'art. 114 Codice del Consumo in combinato disposto con gli artt. 1470 ss. cod. civ., il produttore sarà

responsabile per i danni da prodotto difettoso causati sia all'acquirente sia ai terzi.
Il danneggiato ha l'onere di provare il difetto del prodotto, il danno e il nesso causale tra danno e difetto, al produttore spetta l'onere di provare i fatti che escludono la sua responsabilità nei soli casi indicati dall'art. 118 Codice del Consumo.
b) Danni da omessa/cattiva manutenzione in presenza di contratto di manutenzione con il produttore o personale autorizzato: responsabilità in capo al produttore
Il produttore è altresì responsabile nei confronti dell'acquirente e dei terzi qualora si verifichi un danno imputabile a cattiva o omessa manutenzione quando l'acquirente abbia affidato la manutenzione al produttore medesimo o, in alternativa, a personale autorizzato.
In forza di un apposito contratto di manutenzione, infatti, il produttore o il personale autorizzato hanno l'obbligo di provvedere all'espletamento di ogni attività volta al mantenimento del regolare funzionamento dell'apparato.
c) Danni da omessa/cattiva manutenzione in assenza di contratto di manutenzione con il produttore o personale autorizzato: responsabilità dell'acquirente
In assenza di danni da difetti dell'apparato, ed esclusa quindi la responsabilità del produttore ai sensi dell'art. 114 Codice del Consumo in combinato disposto con gli artt. 1470 ss. cod. civ., e qualora l'acquirente abbia scelto di non affidare la manutenzione al produttore o, in alternativa, a personale autorizzato, in mancanza quindi di apposito contratto di manutenzione tra questi ultimi e l'acquirente, quest'ultimo è responsabile per i danni causati da un guasto da omessa/cattiva manutenzione.
Ciò perché, essendo il prodotto "conforme" ai sensi di legge e mancando obblighi contrattuali che impongono al produttore o al personale autorizzato l'esecuzione delle attività di manutenzione del Sistema, è da escludersi la responsabilità contrattuale del produttore nei confronti dell'azienda acquirente poiché manca il nesso causale tra danno e prodotto o tra il danno ed il comportamento del produttore: il danno, infatti, non è dovuto a difetto del prodotto o all'inadempimento degli obblighi di manutenzione del produttore bensì al comportamento dell'acquirente nell'omettere o nell'effettuare cattiva manutenzione.
E' da escludersi, inoltre, anche la responsabilità extracontrattuale (art. 2043 cod. civ.) del produttore nei confronti dell'azienda acquirente e nei confronti dei terzi che abbiano subito un danno ingiusto a causa del guasto per omessa/cattiva manutenzione poiché, anche in questa ipotesi, manca il nesso causale tra danno e prodotto: il danno causato non è dovuto a comportamento colposo o doloso del produttore che ha fornito il Sistema "conforme" e "sicuro" ai sensi di legge bensì al comportamento doloso o colposo dell'acquirente nell'effettuare la manutenzione.
Alla luce di quanto sopra e al fine di evitare inutili contenziosi, sarebbe auspicabile che venissero stipulati appositi contratti di manutenzione in forza dei quali l'acquirente affidi al produttore o, in alternativa, a personale autorizzato la manutenzione anche nell'ottica del migliore funzionamento e conservazione dell'impianto.

3. Le caratteristiche tecnologiche degli UPS

3.1 "La qualità e la continuità per i sistemi di alimentazione"

La rete pubblica di distribuzione dell'energia elettrica è la sorgente fondamentale che alimenta ogni tipologia di carico. La fornitura di tale energia è sempre stata considerata "just in time" e quindi una risorsa resa sempre disponibile da parte del fornitore con una certa qualità prestabilita. Tuttavia, nella realtà, perlomeno per le esigenze di funzionamento di alcuni carichi critici come i data center, gli ospedali, le catene di produzione, ciò non è sempre vero.
Le norme definiscono infatti i parametri e limiti di validità e qualità elettrica da parte del fornitore di energia, ma non descrivono la tipica situazione di un utente collegato a una rete pubblica di alimentazione. Nello specifico, la norma CEI EN 50160 (CEI 110-22, "Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica") fornisce il tipo, il valore ed il numero dei disturbi che si possono verificare in una rete pubblica di distribuzione dell'energia elettrica in bassa e media tensione. Questa descrive le principali caratteristiche della tensione ai terminali di alimentazione degli utenti nei sistemi pubblici di distribuzione di energia elettrica a media e bassa tensione in condizioni di esercizio normale e riporta i limiti o i valori entro i quali gli utenti possono aspettarsi che rimangano le caratteristiche di tensione. In sostanza la CEI EN 50160 descrive la tensione dal punto di vista del distributore, non dal punto di vista dell'utente.
Sarà quindi l'utente stesso che, per ovviare alle problematiche di qualità della rete, dovrà provvedere autonomamente ai mezzi in grado di adeguare le caratteristiche dell'energia elettrica proveniente dalla rete pubblica di distribuzione alle esigenze di alimentazione dei carichi presenti nel proprio sistema attraverso la scelta di un UPS adeguato.

"POWER QUALITY"

In generale, la mancata disponibilità della fornitura elettrica è definita come una "interruzione". Logicamente, meno frequenti e lunghe sono le interruzioni e migliore sarà la qualità del servizio elettrico per l'utente finale.
Oggigiorno si includono nella definizione di "disturbi" tutti quei fenomeni che, a seconda dell'intensità e della durata, possono influire sul funzionamento dei carichi sensibili:

- le interruzioni e le microinterruzioni;
- i buchi di tensione;
- le escursioni lente della tensione al di fuori della fascia di tolleranza contrattuale;
- l'effetto "flicker";
- le armoniche.

Interruzione dell'alimentazione (Fig. 9): "*Condizione nella quale la fornitura è inferiore all'1% della tensione dichiarata*". Una interruzione dell'alimentazione può essere classificata come:

- programmata, quando gli utenti sono stati precedentemente avvertiti per permettere l'esecuzione di lavori programmati sul sistema di distribuzione;
- accidentale, ovvero causata da guasti transitori o permanenti, principalmente legati ad eventi

esterni, a guasti di apparecchiature o ad interferenze di terzi. Una interruzione accidentale è classificata come:

- breve interruzione: di durata fino a tre minuti. Sono in genere causate da un guasto transitorio. Per le utenze in MT il numero annuale può variare a seconda delle zone da qualche decina a varie centinaia; nella maggioranza dei casi il 70% di queste interruzioni ha durata inferiore al minuto secondo
- lunga interruzione: di durata maggiore di tre minuti. Sono causate da guasti di tipo permanente o da interventi di manutenzione (nel qual caso sono programmate e gli utenti vengono preavvisati) e la loro durata può raggiungere al limite anche qualche ora. Interessano le utenze in MT a seconda della zona da meno di dieci sino a 50 volte l'anno.

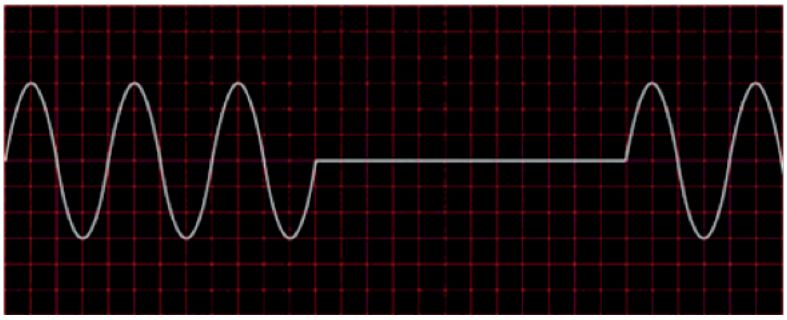


Fig. 9 - Interruzione dell'alimentazione

Microinterruzioni: *"Interruzioni brevi dell'alimentazione di rete di durata inferiore al secondo"*. Sulle reti a MT si verificano generalmente per l'intervento della procedura di apertura/chiusura rapida tripolare dell'interruttore ubicato in testa alla linea di alimentazione in caso di guasto su quest'ultima. La durata effettiva è usualmente compresa fra i 200 e i 500 ms e l'incidenza annuale per le linee in MT varia fra alcune unità e varie decine. L'utilizzo sempre più esteso dei computer e dei sistemi elettronici di controllo e di azionamento di processo rende le utenze sempre più sensibili alle microinterruzioni, specie in assenza di apposite protezioni.

Categorie di cliente	Intervallo [€/kW/evento]	Media [€/kW/evento]
Automobilistico e componenti	0.7 – 5.0	2.9
Lavorazione di prodotti plastici	0.1 - 4.2	2.2
Tessile	3.2	3.2
Cartario	0.1 – 2.2	0.9
Raffinazione di prodotti petroliferi	13.3	13.3
Metalli	0 – 8.7	3.3
Vetro e ceramiche	0.1 – 2.3	0.9
Prodotti alimentari	0.2 – 30.0	5.9
Chimico	0 – 0.8	0.5
Apparecchiature elettriche	0.1 – 22.4	10.6

Tab. 2 - Analisi dei costi diretti a causa delle microinterruzioni in Italia nel 2006 (Fonte CEER, Council of European Energy Regulators).

Buchi di tensione: "*Diminuzioni improvvise e transitorie della tensione di alimentazione ad un valore compreso fra il 90% e l'1% della tensione nominale, di durata compresa convenzionalmente fra i 10 ms e un minuto*". Sono generalmente dovuti a guasti fugaci (che si eliminano autonomamente prima dell'intervento delle protezioni), oppure transitori o permanenti. Nel secondo e terzo caso, per i soli utenti alimentati dalla linea sede del guasto, al buco di tensione fa in genere seguito una microinterruzione o un'interruzione breve o lunga. Gli utenti di MT posti in determinate zone possono essere interessati anche da varie centinaia di buchi di tensione all'anno.

Sovratensioni temporanee a frequenza di rete: "*Aumenti della tensione repentini e di entità superiore al 10% del valore nominale, di durata relativamente lunga.*" Hanno normalmente origine in cause interne alla rete (manovre, improvvise variazioni dei carichi, guasti, più in generale insufficiente regolazione della tensione).

Sovratensioni transitorie (Fig. 10): "*Variazioni della tensione di alimentazione, oscillatorie o non, di solito molto smorzate e con durata non superiore a pochi millisecondi*". Sono solitamente dovute a fulminazioni, manovre o anormalità in rete, o interventi di fusibili; sono caratterizzate in genere da un fronte di salita ripido (dell'ordine di un microsecondo).

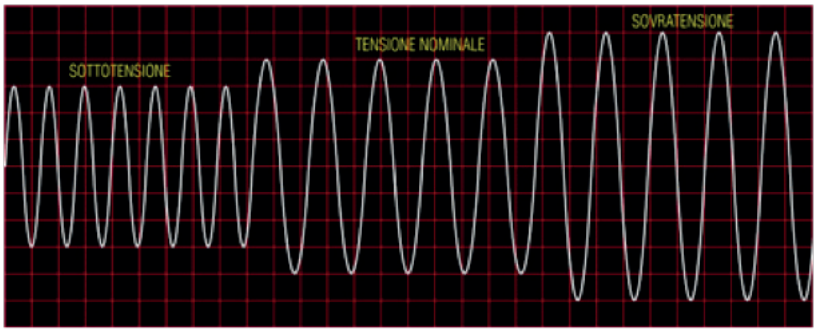


Figura 10: Variazione di tensione

Flicker (Fig. 11): "*Fenomeno causato da variazioni rapide e ripetitive della tensione di alimentazione della rete*". E' legato all'inserzione e al distacco dei carichi o alla modifica rapida della loro entità, particolarmente da parte di utilizzatori caratterizzati da assorbimento discontinuo di corrente, come forni ad arco o saldatrici.

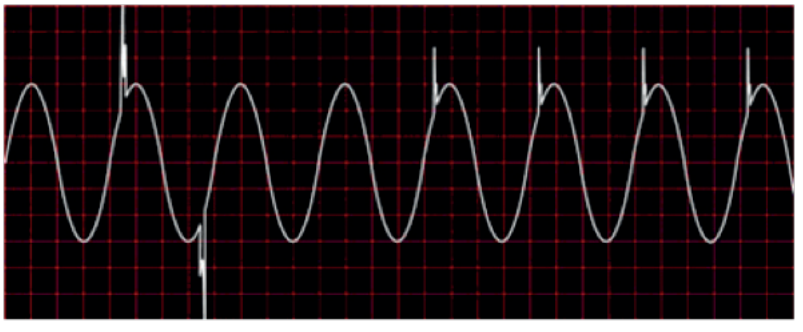


Figura 11: Sovratensioni impulsive

Armoniche (Fig. 12): "*Componenti sinusoidali della tensione (e/o della corrente), di frequenza superiore a quella fondamentale (50 Hz), distorcenti la forma d'onda dell'alimentazione di rete*", dovute in maggioranza a carichi non lineari, come convertitori AC/DC e DC/AC, lampade fluorescenti, saldatrici e forni ad arco. La loro influenza sulle utenze dipende sia dall'utilizzatore, sia dalle caratteristiche dell'impianto. La crescente diffusione di apparecchiature elettroniche tende ad aumentare la presenza del fenomeno che può portare al malfunzionamento degli apparecchi elettronici e dei sistemi di misura e protezione, oltreché ad una diminuzione del rendimento e della potenza utilizzabile dei trasformatori e dei motori elettrici.

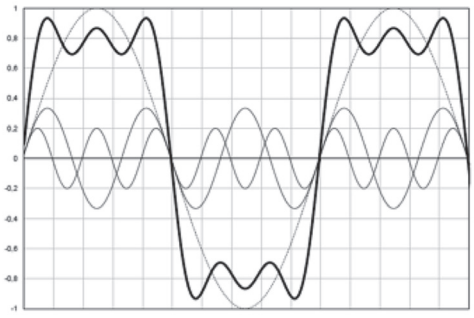


Figura 12: Armoniche

CARATTERISTICHE DINAMICHE E A REGIME DELLA TENSIONE IN USCITA (IEC EN 62040-3)

La qualità dell'alimentazione di cui si desidera usufruire è, ovviamente, di grande importanza ed è necessario conoscere quali sono le problematiche che, di volta in volta, si possono presentare, a seconda della tecnologia che si utilizza. In primo luogo si evidenziano, come definito nei paragrafi sopra, quali sono i disturbi e sovraccarichi causati dall'impianto alimentato che possono riflettersi a monte dello stesso e in quale misura possono essere corretti o tollerati dall'UPS stesso. Si individuano successivamente quali sono le classi di funzionamento dei gruppi statici di continuità, così da meglio comprendere i differenti tipi di dispositivi in relazione alle diverse esigenze dell'impianto che ne prevede l'utilizzo.
La norma internazionale IEC EN 62040-3, al paragrafo 5.3, definisce le caratteristiche elettriche di funzionamento di uscita secondo la classificazione seguente. Si distinguono tre differenti tipologie di UPS riguardo al diverso comportamento dinamico in uscita, nelle condizioni di cambiamento del modo di funzionamento (ad esempio da modo normale o da bypass o da batteria) e in condizioni di variazioni del carico lineare o non lineare:
UPS di classe 1 (Fig. 13). Caratteristiche dinamiche di tensione in Classe 1 possono essere ottenute con un totale disaccoppiamento fra la tensione vista dal carico e la tensione di rete. Ciò si ottiene, ad esempio, con gruppi statici di continuità a doppia conversione, definiti anche VFI.
A tale classe di funzionamento appartengono i gruppi di continuità di miglior prestazione che riescono a mantenere l'alimentazione al carico senza alcuna interruzione, ossia nessun componente interno all'UPS può provocare un ritardo nella commutazione da alimentazione di rete a batteria. Questa classe di dispositivi offre, dunque, la maggiore sicurezza e qualità di energia al carico.

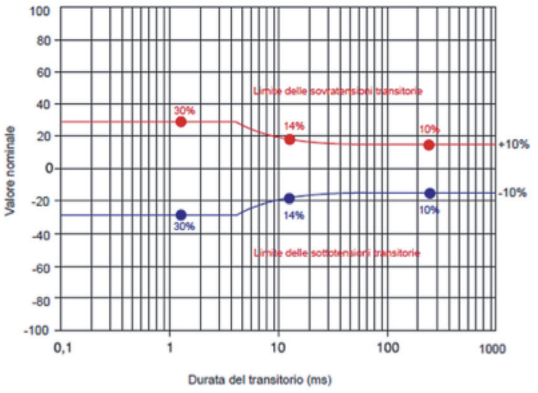


Figura 13: Caratteristiche dinamiche di uscita per UPS di classe 1.
All'interno di una finestra che va dai 100 µs fino a 5 ms, la tensione di uscita non può "evadere" il limite del ± 30%.

UPS di classe 2 (Fig. 14). Gli UPS di classe 1 e 2 costituiscono la gran parte dei gruppi di continuità presenti nel mercato. In particolare, per gli UPS di classe 2, è ammessa una mancanza di alimentazione di 1 ms.

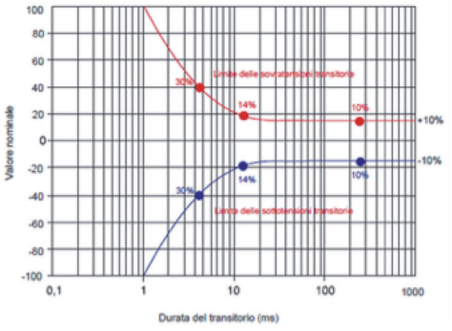


Figura 14: Caratteristiche dinamiche di uscita per UPS di classe 2.

UPS di classe 3 (Fig. 15). Gli UPS di questa classe garantiscono una protezione solo da mancanze reti, picchi di tensione e sovratensioni e tollerano una mancanza rete totale fino 10 ms. In genere non sono UPS utilizzati per carichi informatici.

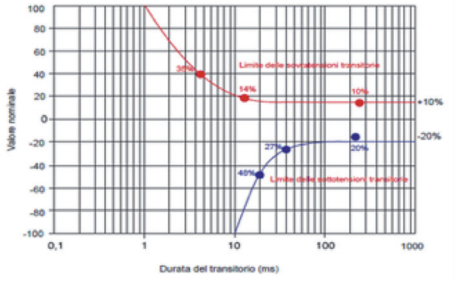


Figura 15: Caratteristiche dinamiche di uscita per UPS di classe 3.

QUALE UPS SCEGLIERE PER IL MIO CARICO?

L'inevitabile riduzione della disponibilità di combustibile fossile sta producendo una lenta ma continua ascesa del prezzo dell'elettricità. Allo stesso momento, la richiesta di energia sta crescendo

esponenzialmente, facendo sì che l'intero mercato dell'energia si stia progressivamente orientando verso scelte di riduzione dei consumi. Contemporaneamente a quest'obiettivo, il mercato è in continua ricerca di disponibilità di energia e di affidabilità, concetti che si possono tradurre nella necessità di impiegare gruppi di continuità. Ciò potrebbe, in prima analisi, essere considerato in contraddizione con il concetto di risparmio energetico e l'utente potrebbe porsi la domanda: "Perché usare un UPS?"

La risposta al quesito è molto semplice se si considera che oltre il 50% dei guasti nei carichi critici (soprattutto a livello informatico) è dovuta a problematiche della rete di distribuzione e che il costo di fermo impianto per ogni ora è generalmente molto elevato (Tab. 3).

Costo della mancanza rete per un'ora*	
Operazioni di borsa	> 6 milioni di $
Autorizzazioni carte di credito	> 2 milioni di $
Commercio on line	225.000 $
Prenotazioni viaggi aerei on line	89.000 $
Servizi tramite telefono cellulare	41.000 $
Operazioni allo sportello Bancomat	14.000 $

*Tab. 3 - * Fonte: D.A. Patterson – Computer Science Division, University of California at Berkeley*

A tal proposito, è stata definita la curva di immunità ITIC ex-CBEMA, (vedi Fig. 16) che nasce con riferimento agli Information Technology Equipment, e si basa su una semplice valutazione in termini di ampiezza (in più ed in meno rispetto alla tensione nominale) e durata del disturbo della tensione di alimentazione.

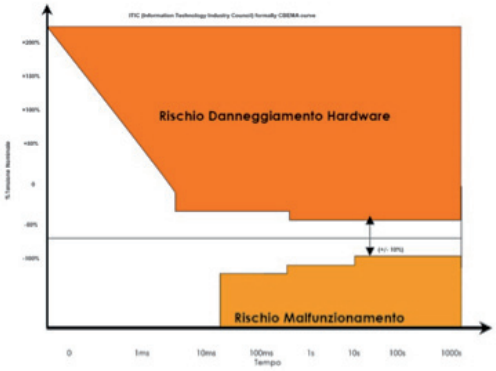


Figura 16: Curva di immunità ITIC ex CBEMA

Nei paragrafi precedenti si è chiarita l'importanza dell'impiego degli UPS nella risoluzione, o quantomeno nel contenimento, di alcuni problemi che possono insorgere a causa della scarsa qualità dell'alimentazione. Nel seguito verranno descritte diverse configurazioni dei gruppi di continuità ciascuna delle quali, a seconda delle architetture circuitali e delle modalità operative, agisce in maniera differente sulla qualità dell'energia al carico.

UPS a doppia conversione (Fig. 17). Questo tipo di architettura offre ottime prestazioni di sicurezza dell'alimentazione al carico e garantisce una eccellente qualità dell'energia fornita.
Nel modo di funzionamento Doppia Conversione (oppure "On-Line"), il carico è alimentato a ciclo continuo dalla combinazione raddrizzatore/invertitore con struttura a doppia conversione, ovvero AC/DC – DC/AC. Quando l'alimentazione AC d'ingresso non rientra nelle tolleranze preimpostate dell'UPS, questo entra nel modo di funzionamento da batteria, nel quale la combinazione batteria/inverter continua a supportare il carico fino all'esaurimento dell'energia immagazzinata (autonomia) o fino al rientro della alimentazione di ingresso entro le tolleranze ammesse dall'UPS.

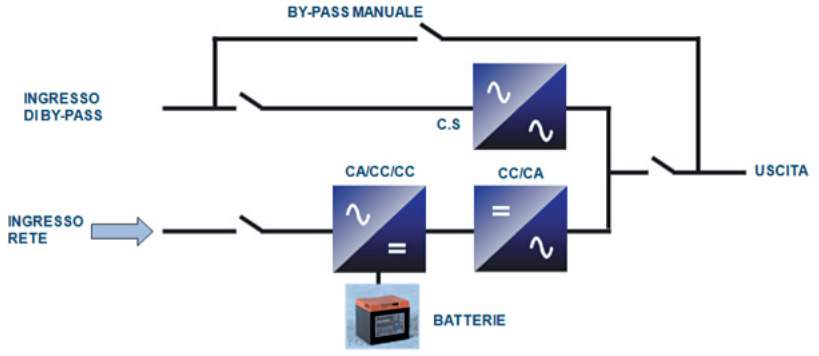


Figura 17: UPS doppia conversione

UPS interattivo (Fig. 18). Il modo di funzionamento del gruppo di continuità in questa configurazione prevede l'inverter in parallelo alla linea di alimentazione. L'inverter si occupa, quindi, dell'erogazione dell'energia in funzionamento da batteria. Se si prevede un inverter, invece, a quattro quadranti, quest'ultimo funziona anche come carica batteria e permette una regolazione dell'uscita. In questo caso, in funzionamento normale, il carico viene alimentato normalmente dalla rete mentre l'UPS riesce ad interagire controllando la qualità dell'uscita. Questa è direttamente correlata alle prestazioni che possono essere fornite dall'inverter comportandosi come un filtro attivo di tipo parallelo. Analogamente alla configurazione precedente, nel momento in cui l'alimentazione non riesce più a rientrare nelle tolleranze definite oppure si verifica un black-out, l'inverter e le batterie mantengono il carico sotto continuità, nei limiti dell'autonomia data dalle batterie, fin tanto che l'alimentazione ritorna ai valori desiderati.

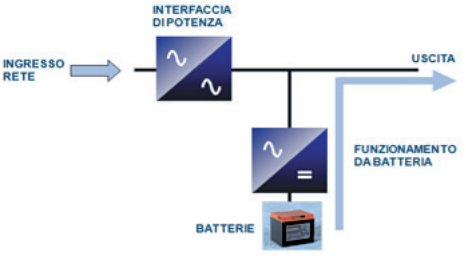


Figura 18: UPS Interattivo

UPS Off-line (Fig. 19). Nel funzionamento Off-Line, il carico viene alimentato dall'ingresso tramite il commutatore di bypass dell'UPS. È possibile integrare ulteriori dispositivi per stabilizzare l'alimentazione. La frequenza di uscita dipende dalla frequenza di ingresso. Quando la tensione di ingresso non rientra nelle tolleranze ammesse dall'UPS, questo funzionerà da batteria. In questo caso l'invertitore entrerà in funzione alimentando direttamente il carico tramite il commutatore di bypass che può essere elettronico o elettromeccanico.
Il sistema batteria/inverter mantiene l'alimentazione al carico fino all'esaurimento della batteria o fino al rientro della tensione di alimentazione di ingresso entro le tolleranze ammesse dall'UPS.

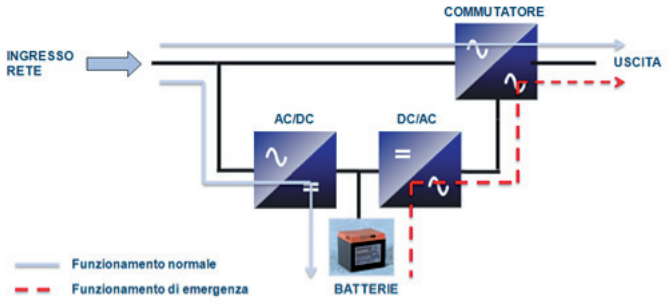


Figura 19: UPS Off-line

L'UPS a doppia conversione in modalità DIM o Eco Mode (Fig. 20 e 21). I punti di partenza da cui il progettista, così come l'utente finale, dovrebbero basare il proprio progetto sono riassumibili in quattro concetti, nonché necessità, di grande attualità ai giorni nostri:

- Massimo risparmio energetico
- Minore generazione di calore
- Ridotta necessità di raffreddamento
- Minori costi di gestione

Con il funzionamento dell'UPS in doppia conversione è possibile compensare variazioni di tensione (compresi dunque i buchi di tensione sopra esposti) e frequenza della rete. Se ci orientassimo verso questa soluzione occorrerebbe far sì che l'UPS fornisse una sorta di "predizione" dell'entità del disturbo della rete o dell'eventuale black-out e adottasse in tempo reale la migliore soluzione, premiando l'aspetto della qualità dell'energia e il risparmio energetico. La soluzione che può rendere realtà questo concetto teorico è la modalità di funzionamento che, a seconda del costruttore, viene definita DIM o Eco Mode. Questa modalità di funzionamento mette in pratica l'aspetto teorico esposto sopra, raggiungendo valori di efficienza molto elevati.
Un UPS configurato in modalità DIM o Eco Mode permette, quindi, di raggiungere tutti e quattro gli obiettivi sopracitati. Questa modalità di funzionamento prevede un'analisi istantanea della qualità della forma d'onda d'ingresso all'UPS e, se questa rientra in determinati parametri di tolleranza, l'UPS è in grado di garantire un'efficienza del 98-99%. Un cambiamento di tali condizioni di rete comporterà un'immediata commutazione sulla linea condizionata (linea a doppia conversione).
Il carico è normalmente alimentato attraverso la linea di riserva, fintanto che la tensione rientra nei parametri di tolleranza (di tensione e frequenza) impostati, oppure se si verifica una condizione di guasto della linea di riserva. In tal caso il carico viene trasferito sulla linea di doppia conversione entro alcune frazioni di millisecondo. Basandosi sullo storico della qualità della forma d'onda

della sorgente, l'UPS stabilirà se la sorgente è affidabile o meno. Viceversa (ovvero se la sorgente ha ecceduto nuovamente e a breve distanza di tempo i limiti imposti dalla finestra di tolleranza, o se si è verificata una mancanza rete), l'UPS rimarrà in funzione tramite la linea condizionata. Trascorsa un'ora dall'ultima condizione di eccesso dei limiti di tolleranza, l'UPS riconoscerà la rete come "affidabile", reiterando quindi il processo di controllo.
Naturalmente, in caso di una mancanza rete, entrerà in funzione il sistema di accumulo di energia che supporterà l'inverter dell'UPS. L'utente sarà avvertito del passaggio da funzionamento "in rete" a funzionamento da batteria (o volano). Durante tale processo sarà possibile estendere l'autonomia residua eseguendo lo shut-down dei carichi non essenziali. Quando l'UPS registra il "ritorno rete", esso continuerà ad alimentare il carico tramite la linea di doppia conversione (e a ricaricare le batterie o il sistema di volani) secondo la procedura esposta sopra.

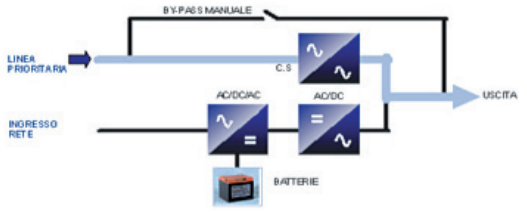


Figura 20: Funzionamento dell'UPS da linea di bypass (o linea diretta)

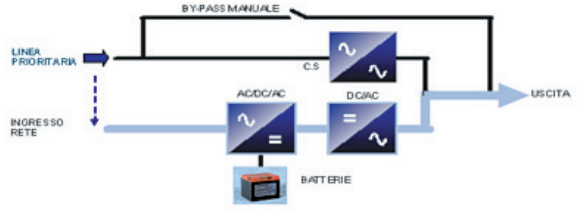


Figura 21: Il carico è normalmente alimentato attraverso la linea di riserva, fintanto che la tensione rientra nei parametri di tolleranza impostati. In tal caso il carico viene trasferito sulla linea di doppia conversione entro 0.5 millisecondi.

L'UPS con architettura Delta Conversion. In questo modo di funzionamento, i due inverter funzionano uno in serie ed uno in parallelo alla linea. Il primo, in serie, collegato al trasformatore può erogare fino al 20% della potenza di uscita dell'UPS, mentre il secondo, in parallelo, si occupa di erogare tutta la potenza richiesta dal carico nel caso in cui, come sopra, l'alimentazione di rete venga a mancare, oppure scenda al di sotto dei limiti tollerati. Il primo inverter si occupa anche della carica delle batterie. In funzionamento normale il carico viene alimentato dalla linea di rete, mentre entrambi gli inverter sono sempre attivi. Questo tipo di gruppo non permette la regolazione della frequenza, che dipende da quella di linea e non effettua un totale disaccoppiamento dalla rete elettrica. Questi UPS possono prevedere un by-pass statico, così da garantire l'alimentazione in caso di malfunzionamento del dispositivo o di sovraccarico dell'uscita. Inoltre, questa architettura richiede un numero doppio di elementi di batteria in serie rispetto alla doppia conversione. Per contro, la delta conversione, essendo essenzialmente la combinazione di due filtri attivi, influisce poco sulla qualità dell'energia al punto comune di prelievo, in funzionamento normale.

3.2 UPS a basso impatto sull'ambiente di installazione: riduzione armoniche (THD) e miglioramento del fattore di potenza (PF).

La funzione primaria dell'UPS è quella di fornire l'alimentazione di *backup*.
La presenza dell'UPS ha però intrinsecamente altri effetti positivi sul funzionamento dell'impianto dovuti alla natura stessa dell'apparecchiatura elettronica. In particolare l'UPS agisce da filtro contro i disturbi provenienti dai carichi ottimizzando le prestazioni in ingresso. Corrente e tensione vengono ripulite dalle armoniche ed il fattore di potenza viene aumentato. L'UPS consente, quindi, di diminuire il valore efficace della corrente assorbita dai carichi non lineari, annullando ulteriori perdite addizionali dovute alle armoniche sulle linee e sui trasformatori di distribuzione e gli effetti distorcenti nella tensione, causa di malfunzionamento di altre apparecchiature elettriche e di sovradimensionamento dei gruppi elettrogeni.

CARICHI NON LINEARI SORGENTI DI ARMONICHE

Le armoniche di corrente, in particolare la terza, possono essere generate dalla saturazione di macchine con circuiti magnetici, come trasformatori e motori elettrici, che funzionano in zona non lineare e cioè vicino alla saturazione.
Nella maggioranza dei casi, le armoniche provengono da apparecchiature elettroniche che utilizzano circuiti di raddrizzamento con ponti di diodi o diodi controllati come SCR (tiristori) e TRIAC.
Esempi di tali apparecchiature presenti in Data Center e uffici sono costituiti da PC, server, stampanti, monitor e da tutte la apparecchiature che al loro interno contengono un SMPS (Switch Mode Power Supply), ovvero un alimentatore a commutazione.
Nel campo industriale i carichi non lineari sono invece costituiti da: azionamenti, saldatrici, lampade a scarica, caricabatterie e, in genere, tutti i convertitori AC/DC, come i ponti per la galvanoplastica.

Figura 22: Esempi di carichi non lineari: SMPS, PC, server e, in campo industriale, azionamenti, saldatrici e lampade a scarica.

L'UPS può anche correggere l'effetto capacitivo che presentano gli alimentatori a commutazione di ultima generazione funzionanti a basso carico, come spesso succede a causa della ridondanza. Le armoniche vengono generate grazie ad un assorbimento non continuo di corrente dalla rete. In un raddrizzatore monofase, per esempio, la corrente viene assorbita dalla rete solo per una breve frazione del periodo come visibile nei seguenti diagrammi (Fig. 23).

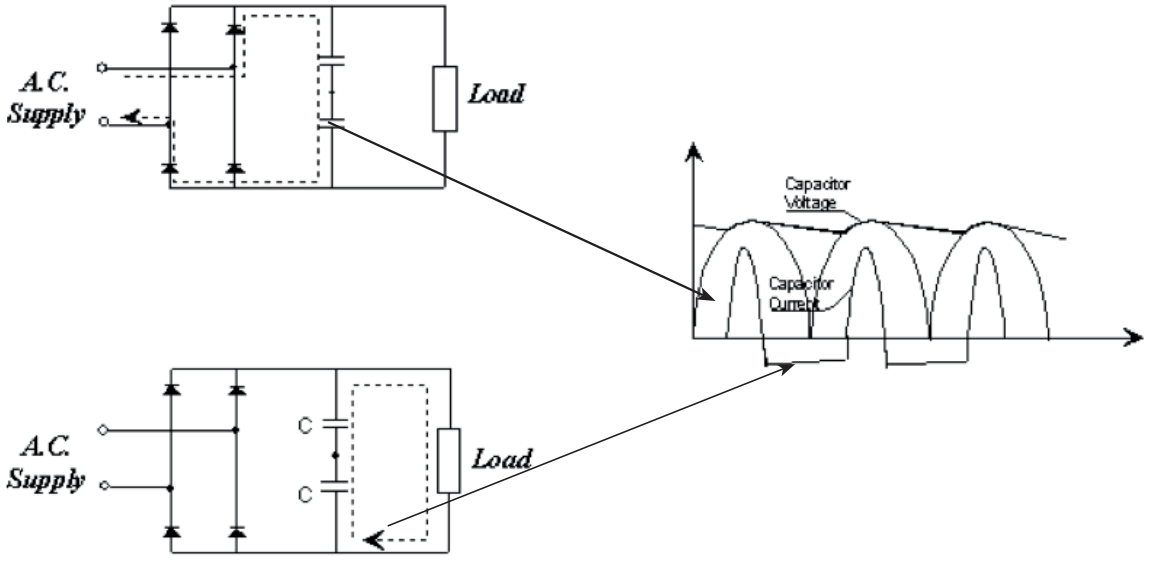


Figura 23: In un raddrizzamento monofase, la corrente viene assorbita dalla rete solo per una breve frazione del periodo

L'effetto del ponte a diodi e dei condensatori di filtro è quello di determinare un assorbimento ad impulsi della corrente lato rete a causa del periodo di scarica e ricarica dei condensatori.
A seconda dell'impedenza della rete si genera anche una distorsione della tensione di rete in corrispondenza del picco di corrente denominata Flat Top.

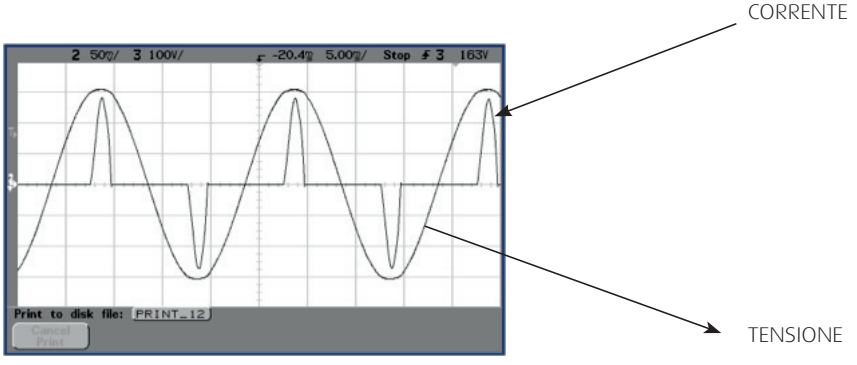


Figura 24: Forma d'onda della corrente e della tensione misurata a monte del carico distorcente.

A seconda del tipo di raddrizzamento, monofase, esafase o dodecafase effettuato, vengono generate armoniche di ordine ed ampiezza differenti. Qualsiasi forma d'onda periodica può essere scomposta in una serie di componenti armoniche sommate alla frequenza fondamentale. Tale serie è denominata di *Fourier*

$$A = \sum_{1}^{N} An \sin n\omega t + Bn \cos n\omega t$$

che, sviluppata per singola armonica, porta alla somma di n termini:

- *A1sinωt + B1cosωt (componente fondamentale)*
- *A2sin2ωt + B2cos2ωt (seconda armonica)*
- *A3sin3ωt + B3cos3ωt (terza armonica)*

ARMONICHE GENERATE DA UN PONTE RADDRIZZATORE

Ordine di armonicità

Per la determinazione dell'ordine di armonicità dei vari ponti raddrizzatori, vale la seguente regola mnemonica: $\mathbf{H_n = k^{*}p \pm 1}$

Dove: p è il tipo di raddrizzatore (p=2 monofase; p=6 trifase; p=12 dodecafase) e K è una costante intera.

Vengono quindi generate armoniche in accordo alla seguente tabella (Tab. 4):

Ponte monofase	
k=1	Hn = 1a e 3a armonica
k=2	Hn = 3a e 5a armonica
k=3	Hn = 5a e 7a armonica
k=4	Hn = 7a e 9a armonica
Ponte trifase	
k=1	Hn = 5a e 7a armonica
k=2	Hn = 11a e 13a armonica
k=3	Hn = 17a e 19a armonica
k=4	Hn = 23a e 25a armonica
Ponte dodecafase	
k=1	Hn = 11a e 13a armonica
k=2	Hn = 23a e 25a armonica
k=3	Hn = 35a e 37a armonica

Tab. 4: Armoniche nei ponti raddrizzatori

Ampiezza Armoniche (Fig. 25)

Il valore RMS (efficace) di ciascuna armonica in funzione del fattore di armonicità è il seguente:

$I_n = I_o/n$

Dove: Io è il valore della armonica fondamentale ed n è l'ordine di armonicità.

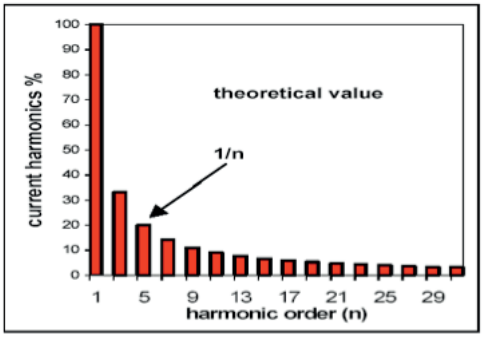


Figura 25: Ampiezza armoniche

Negli alimentatori monofasi la componente di terza armonica è la prevalente; l'effetto più negativo si verifica qualora molti di questi alimentatori siano alimentati tra le diverse fasi ed il neutro. Nonostante lo sfasamento di 120° delle fondamentali, queste correnti a 150Hz risultano in fase tra di loro, come si può notare dal diagramma in figura 26. Pertanto sul conduttore di neutro queste correnti si sommano, al punto da poter assumere in certi casi, valori superiori alle correnti di fase. Ciò comporta surriscaldamento dei cavi e interventi inopportuni delle protezioni quadripolari al punto di dovere ri-progettare la sezione dei cavi.
Le terze armoniche sulle tre fasi sono allineate e vengono a sommarsi sul conduttore neutro.

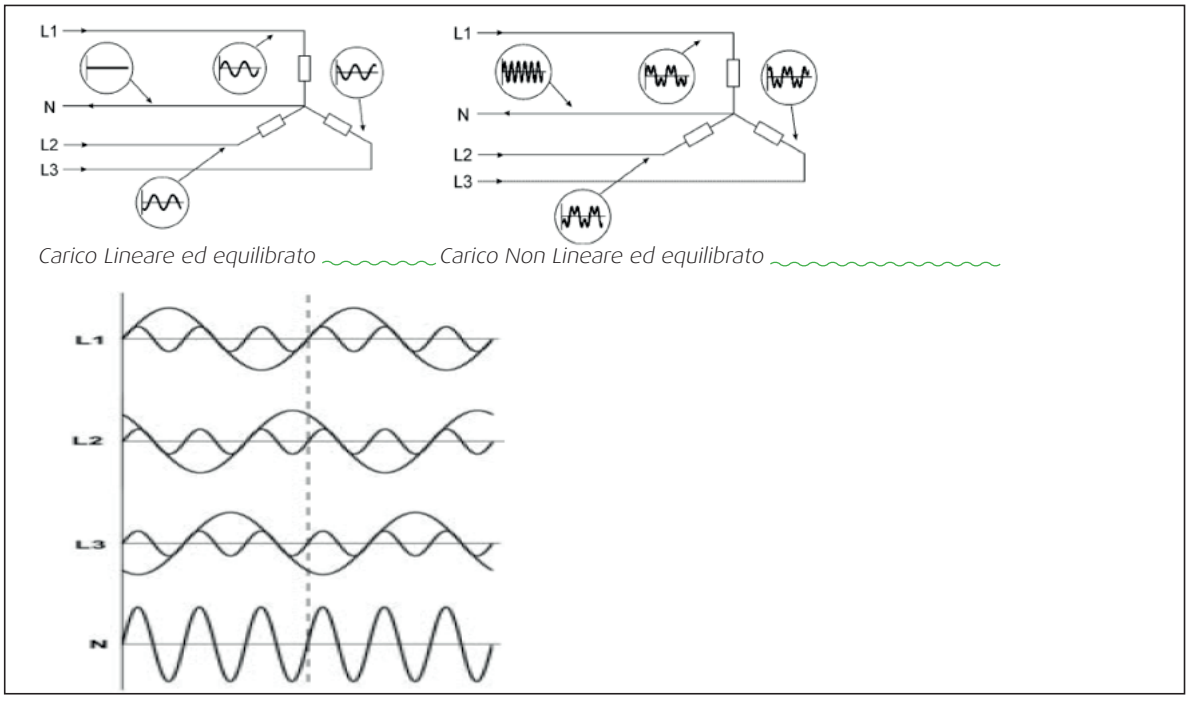


Figura 26

La normativa di riferimento

La norma EN61000-3-4 impone dei limiti al contenuto armonico delle apparecchiature elettriche, è stata adottata in Europa dal CENELEC nel gennaio 2001 ed è valida per assorbimenti di corrente superiori a 16 A per fase. I limiti di ampiezza ammissibile delle armoniche dipendono dall'impedenza di linea (vedi Tab. 5).

Ordine di Armonicità	Ampiezza Ammissibile		Ordine di Armonicità	Ampiezza Ammissibile
n	In/I1 % (*)		n	In/I1 % (*)
3	21,6		21	≤ 0,6
5	10,7		23	0,9
7	7,2		25	0,8
9	3,8		27	≤ 0,6
11	3,1		29	0,7
13	2		31	0,7
15	0,7		>33	≤ 0,6
17	1,2			
19	1,1		Pari	≤ 8/n o ≤ 0,6
I1 = Valore Fondamentale di Corrente - In Ampiezza Armonica				

Tab. 5: Norma EN61000-3-4, dipendenza dell'ampiezza armonica dall'impedenza di linea

In ambito nazionale, invece, la norma CEI 64-8 del 2007 definisce differenti criteri di dimensionamento del neutro e dei conduttori di fase in regime non lineare e cioè con presenza di armoniche.

EFFETTI DELLA DISTORSIONE ARMONICA

Una distorsione armonica nella corrente porta ad un maggiore sovraccarico delle linee a parità di potenza attiva che vi transita, generando un surriscaldamento dei cavi di potenza, dei trasformatori e dei generatori. Oltre a questo effetto si possono anche sommare:

- sovrariscaldamento di tutti i tipi di sistemi elettronici che è causa di guasti nei componenti;
- scatti indesiderati di interruttori magnetotermici differenziali a causa delle correnti di dispersione dovuti a effetti capacitivi;
- malfunzionamenti dei sistemi a controllo automatico;
- rottura di condensatori di filtro a causa della risonanza;
- inaccuratezza di strumenti di misura;
- interferenza con i sistemi di comunicazione;
- distorsione della tensione.

MIGLIORARE LA QUALITÀ DELLA FORNITURA DI ENERGIA AL CARICO

L'UPS grazie al meccanismo della doppia conversione garantisce una perfetta qualità della corrente in uscita indipendentemente dalle condizioni della rete elettrica in ingresso.
Qualche anno fa, la maggior parte dei gruppi di continuità di media potenza era dotata di un filtro attivo all'ingresso del raddrizzatore. Questo dispositivo compensava la distorsione armonica generata dal raddrizzatore dell'UPS stesso, mentre l'inverter si faceva carico delle distorsioni del carico in uscita, impedendone il trasferimento all'ingresso (fig. 27). In qualche caso, al fine di incrementare il rendimento del sistema a scapito della massima protezione del carico, è possi-

bile alimentare il carico direttamente dalla rete di ingresso attraverso il by-pass; l'inverter risulta spento, quindi non sarà più possibile garantire il miglior livello di qualità dell'energia al carico. Il filtro attivo di ingresso invece, risulta ancora funzionante con lo scopo di compensare la distorsione armonica del carico e correggerne il fattore di potenza (fig. 28). In questo caso l'UPS è del tipo Off Line o Voltage Frequency Dependant.

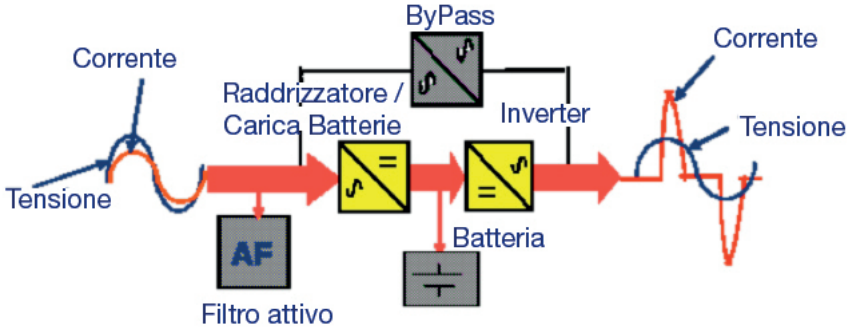


Figura 27: UPS a doppia conversione con filtro Attivo in Ingresso

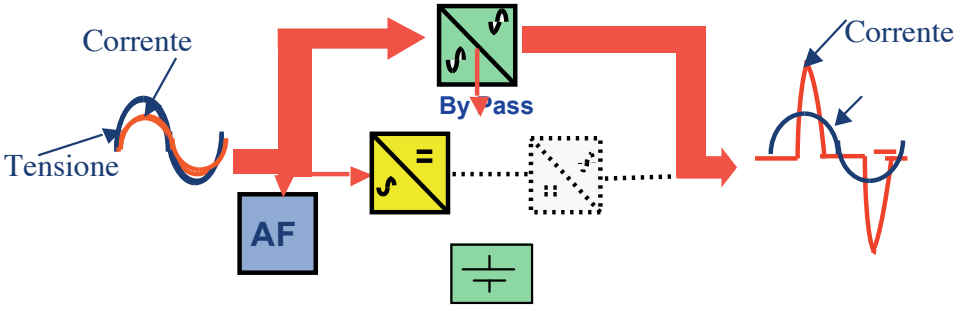


Figura 28: Funzionamento in Bypass

Le soluzioni attualmente più avanzate prevedono la realizzazione di un raddrizzatore dotato di controllo attivo del fattore di potenza in ingresso tramite stadio di conversione di potenza a IGBT con PWM (Pulse Width Modulation) ad alta frequenza (fig. 29). Ciò comporta la capacità di assorbire energia dalla rete con un fattore di potenza pari a 0,99 in condizioni normali e corrente dalla rete con un contenuto armonico al di sotto del 3%. L'aspetto interessante è che ad oggi alcuni tra i più importanti produttori mondiali di UPS sono in grado di fornire tale tecnologia anche negli apparati di taglia più alta (500-800 kVA), destinati a impianti centralizzati, quali grossi datacenter ed ISP, che sono tra i più sensibili alla riduzione dell'impatto inquinante. Rispetto ad un tradizionale raddrizzatore dodecafase, la soluzione proposta non prevede l'utilizzo di trasformatore od autotrasformatore in ingresso, evitando così le alte correnti di spunto all'inserzione, nonché ingombri eccessivi. I valori percentuali di contenuto armonico della corrente in ingresso sono poco influenzati dalle condizioni di carico, mentre con raddrizzatore dodecafase aumentano al diminuire del carico stesso. I valori di fattore di potenza e distorsione armonica sopra citati sono ottenuti senza l'ulteriore necessità di aggiungere filtri, come è invece necessario con raddrizzatore dodecafase.

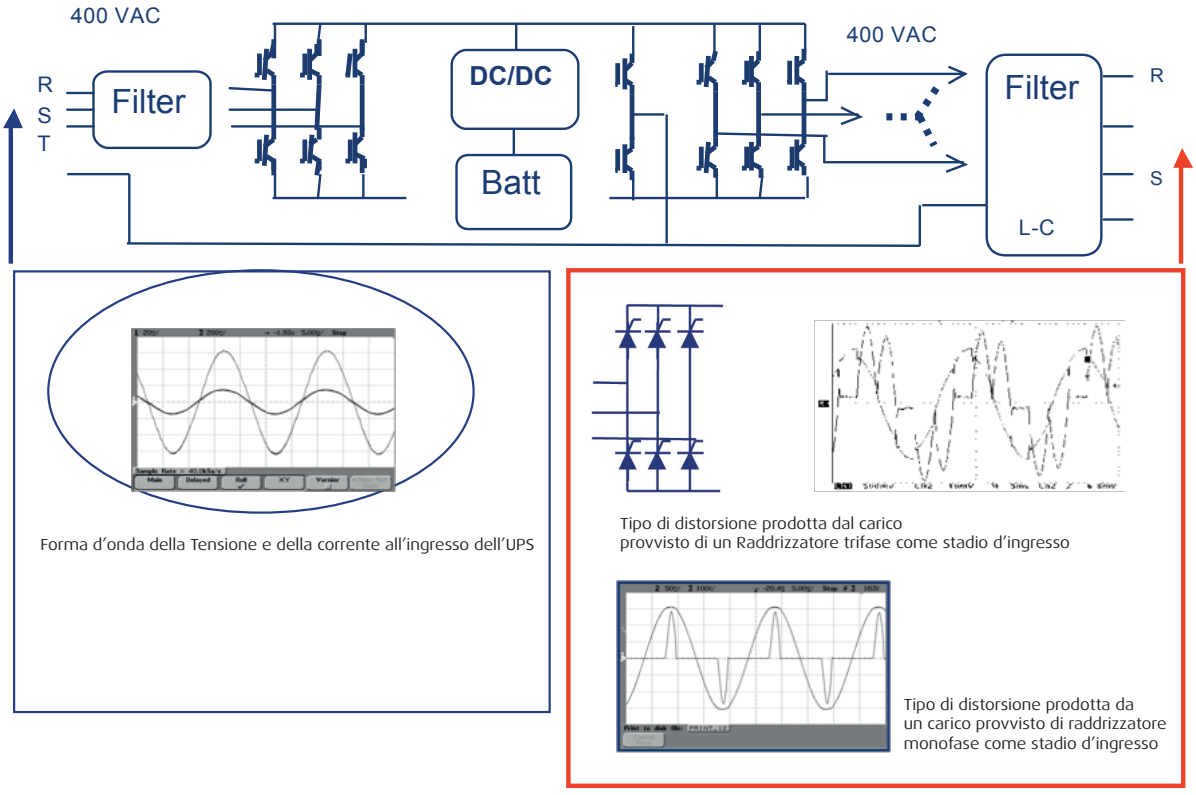


Figura 29: UPS con raddrizzatore dotato di controllo attivo del fattore di potenza in ingresso

A titolo di esempio è di seguito evidenziato l'effetto di riduzione della corrente di rete in un UPS con rendimento 0,92 che alimenta un carico non lineare a fattore di potenza pari a 0,7.
Con fattore di potenza si intende il risultato complessivo dello sfasamento e dell'effetto distorcente (Vedi Box 1 e 2 per un approfondimento su questi concetti).

Rendimento		Eff
Fattore di potenza carico non lineare	PF_u	$= 0,7$
Fattore di potenza ingresso UPS	PF_i	$= 0,98$
Potenza attiva uscita UPS	P_{out}	$= V_{out} \times I_{out} \times PF_u$
Potenza attiva ingresso UPS	P_{in}	$= P_{out} / Eff$
Corrente ingresso	I_{in}	$= P_{in}/PF_i/V_{in}$

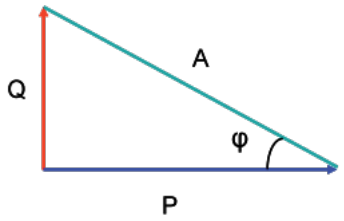
La relazione tra corrente ingresso/uscita è la seguente:
$I_{in} = I_{out} \times PFu/Eff/PF_i$
$I_{in} = I_{out} \times 0,77$

Questo significa che la rete di distribuzione in ingresso "vede" una corrente ridotta in ampiezza del 33%.
Questa riduzione di corrente, oltre a determinare una riduzione di perdite in linea, si ripercuote

anche sul dimensionamento più favorevole delle linee elettriche e delle apparecchiature elettriche come i trasformatori e gli alternatori dei gruppi elettrogeni, con una considerevole riduzione nei costi di investimento dell'impianto.
Per quanto riguarda il bilancio energetico totale, nel conto delle perdite che dipendono dall'estensione della linea elettrica, c'è da tenere in conto anche il rendimento del gruppo di continuità che, a partire dagli UPS di taglia media, è superiore al 92% (Vedi Code of Conduct UPS prIEC62040-3) e può raggiungere, in alcuni casi, il 94-95%.

Box 1

Potenza Attiva Watt (P) - E' potenza reale che genera lavoro, nella definizione fisica del termine
Potenza Reattiva VAR (Q) - E' la potenza che viene scambiata tra generatore e i sistemi che la accumulano (induttori e condensatori)
Potenza Apparente VA (A) - E' la somma vettoriale di potenza attiva e reattiva
Il **Fattore di Potenza (PF)** viene definito come il rapporto tra P ed A.
Se corrente e tensione sono in fase ed in assenza di armoniche allora vettorialmente P=A
Altrimenti vale la formula: $A = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$



Il cosϕ identifica l'angolo di sfasamento tra V ed I e coincide con il fattore di potenza solo in presenza di forme d'onda perfettamente sinusoidali. Infatti, il cosϕ non tiene conto della distorsione e quindi delle armoniche di corrente e tensione introdotte dai carichi distorcenti. In pratica il cosϕ è un valore puramente teorico, in quanto la distorsione armonica è in realtà sempre presente.

Box 2

Il **fattore di potenza** è quindi composto da:
- cosϕ dovuto allo sfasamento della componente fondamentale a 50Hz;
- fattore di potenza dovuto alla presenza di armoniche in base alla tabella 6.

PFt = cosϕ x PFh

Tipo di Carico	cosφ	THDI	PFh	PFt
Ventilatori	0,999	1.8%	1	1,00
Compressori	0,875	13.4%	0,991	0,87
Forni a MicroOnde	0,998	18.2%	0,994	0,99
Aspirapolveri	0,951	26,0%	0,968	0,92
Lampade Fluorescenti	0,956	39,0%	0,93	0,89
Televisioni	0,988	121,0%	0,637	0,63
Computer Desktop	0,999	140,0%	0,581	0,58

Tab. 6: Fattore di potenza e distorsione in corrente THDI di comuni carichi residenziali Monofasi

3.3 Efficienza energetica dei gruppi statici di continuità

Parlare di efficienza di un gruppo di continuità (UPS) significa porre attenzione alle perdite di energia che inevitabilmente sono presenti in qualsiasi dispositivo sia esso elettrico, elettronico o meccanico, richiamando evidentemente il concetto di risparmio energetico.
Ciò che spesso non viene percepito è l'impatto che il miglioramento di questo parametro può comportare nell'economia dell'intero sistema alimentato. L'esempio più significativo riguarda senza dubbio i Data Center nei quali viene fatto ampio uso degli UPS e per i quali numerosi studi di diverse associazioni, in particolare americane, hanno posto l'accento sull'eccessivo consumo energetico e sui costi ad esso correlati, ma anche sulle notevoli possibilità di miglioramento dell'efficienza di questi sistemi.
Da uno studio del 2007 di Gartner (fig. 30), emerge che il consumo di energia elettrica dei Data Center è pari allo 0,5% della produzione mondiale di energia elettrica e che corrisponde allo 0,3% delle emissioni di CO2 totali. Tale valore è la metà delle emissioni di tutto il traffico aereo mondiale e superiore alle emissioni di paesi come l'Argentina e l'Olanda.

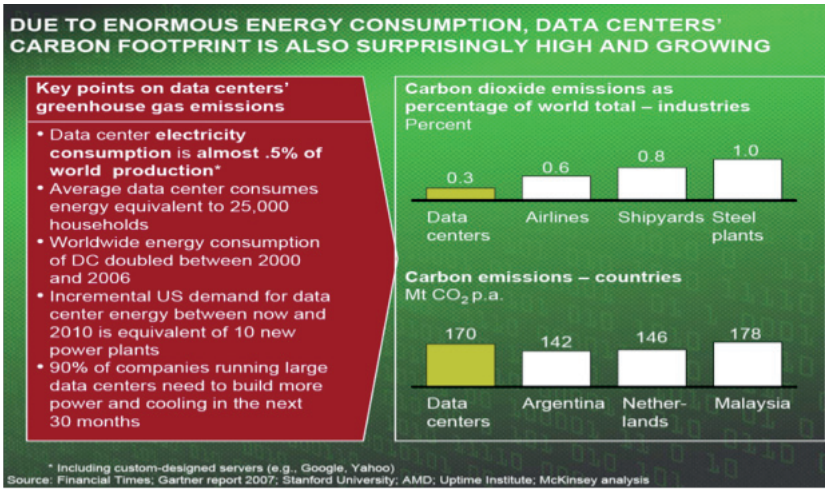

DUE TO ENORMOUS ENERGY CONSUMPTION, DATA CENTERS' CARBON FOOTPRINT IS ALSO SURPRISINGLY HIGH AND GROWING
Key points on data centers' greenhouse gas emissions
• Data center electricity consumption is almost .5% of world production*
• Average data center consumes energy equivalent to 25,000 households
• Worldwide energy consumption of DC doubled between 2000 and 2006
• Incremental US demand for data center energy between now and 2010 is equivalent of 10 new power plants
• 90% of companies running large data centers need to build more power and cooling in the next 30 months
Carbon dioxide emissions as percentage of world total – industries
Percent
0.3
0.6
0.8
1.0
Data centers
Airlines
Shipyards
Steel plants
Carbon emissions – countries
Mt CO2 p.a.
170
142
146
178
Data centers
Argentina
Nether-lands
Malaysia
* Including custom-designed servers (e.g., Google, Yahoo)
Source: Financial Times; Gartner report 2007; Stanford University; AMD; Uptime Institute; McKinsey analysis

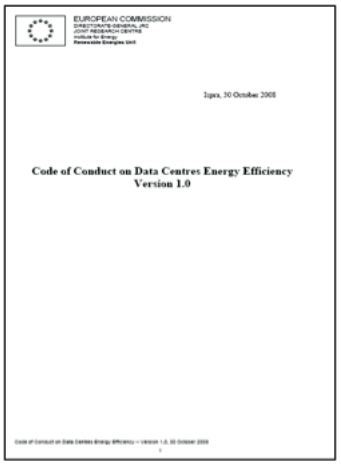
Figura 30

Questo dato è destinato inevitabilmente ad aumentare perché lo scambio di dati, informazioni, transazioni, comunicazioni attraverso il web o in generale per via informatica, non potrà altro che incrementare nel futuro prossimo e venturo. Per questo motivo diverse associazioni, prima americane e poi europee, fino alla stessa Commissione Europea, hanno iniziato a porre una particolare attenzione al consumo energetico sia dei Data Center che degli UPS come singolo dispositivo.
Già nel 2006 su richiesta della Commissione Europea è stato definito dai costruttori di UPS europei (CEMEP - Comitato che raccoglie le principali associazioni europee operanti nel settore delle macchine elettriche e dell'elettronica di potenza) *un Codice di Condotta sull'efficienza energetica e la qualità dei Gruppi Statici di Continuità* (CoC). Il documento, che pone dei limiti minimi di rendimento ai nuovi prodotti, è stato aggiornato nel 2011 (fig. 31).

Mode	from 1-1-2011 to 31-12-2012			
	UPS range: • 10 – < 20 kVA	*UPS range: • 20 – < 40 kVA*	*UPS range: • 40 – < 200 kVA*	*UPS range: • 200 kVA*
Normal mode **Minimum** efficiency measured according to EN 62040-3 Annex AA				
25 % of nominal power	90 %	91 %	91,5 %	93 %
50 % of nominal power	93 %	93.5 %	94 %	95.5 %
75 % of nominal power	93.5 %	94 %	94.5 %	96 %
100 % of nominal power	93.5 %	94%	94.5 %	96 %
Mode	**from 1-1-2013 to 31-12-2014**			
	UPS range: • 10 – < 20 kVA	*UPS range: • 20 – < 40 kVA*	*UPS range: • 40 – < 200 kVA*	*UPS range: • 200 kVA*
Normal mode **Minimum** efficiency measured according to EN 62040-3 Annex AA				
25 % of nominal power	90 %	91 %	91,5 %	93 %
50 % of nominal power	93 %	93.5 %	94 %	95.5 %
75 % of nominal power	93.5 %	94 %	94.5 %	96 %
100 % of nominal power	93.5 %	94%	94.5 %	96 %

Figura 31

Nel 2008 una iniziativa analoga, sempre su proposta della Commissione Europea, è stata realizzata anche per gli stessi Data Center (fig. 32), ma in questo caso sono stati definiti i criteri generali che ogni operatore coinvolto nella progettazione, realizzazione e manutenzione, deve tenere in considerazione ai fini del risparmio energetico.


EUROPEAN COMMISSION

Ispra, 30 October 2008

Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency
Version 1.0

Figura 32

Per comprendere al meglio l'impatto dei gruppi di continuità nel consumo energetico di un Data Center è utile osservare la suddivisione dei consumi di un'apparecchiatura di potenza media rappresentata in fig. 33.
Il primo dato che emerge è che solamente il 30% dell'energia assorbita dalla rete di alimentazione viene utilizzata per le apparecchiature IT, mentre il resto è distribuito tra altri servizi: illuminazione, sistemi di sicurezza anti-intrusione, anti incendio, condizionamento dei locali e perdite nei diversi dispositivi come trasformatori MT/BT, quadri di distribuzione, cavi e UPS.

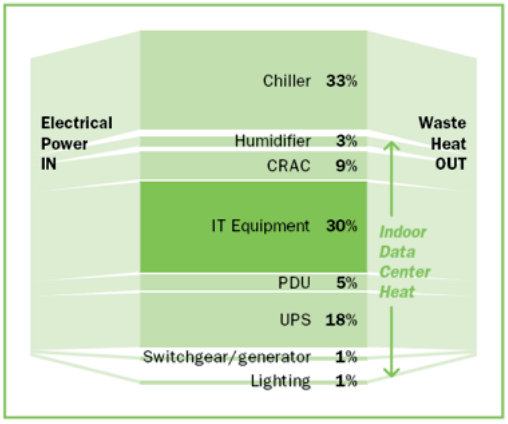


Figura 33 - Fonte: The Green Grid

Le perdite dell'UPS in questa suddivisione rappresentano il 18% dell'energia assorbita dalla rete; è un dato francamente molto alto, ma che in un Data Center di media potenza con UPS di vecchia generazione si può effettivamente riscontrare. Inoltre, va sottolineato che l'energia dissipata dall'UPS diventa calore immesso nell'ambiente in cui il sistema opera e che, a sua volta, dovrà essere eliminato dal sistema di raffrescamento, per consentire alle diverse apparecchiature di funzionare al meglio all'interno dei regimi di temperature di funzionamento consentiti. Ciò porterà ad aumentare ulteriormente il consumo complessivo del condizionamento. Al contrario, aumentando l'efficienza dell'UPS, si avranno minori perdite e minor calore immesso, con conseguente riduzione dell'energia consumata dal condizionamento. Di prassi si considera che il consumo del sistema di condizionamento sia pari ad un terzo della potenza dissipata dall'UPS.

LE TECNOLOGIE

L'impegno dei costruttori per il miglioramento del rendimento dei gruppi di continuità, è rivolto a diversi aspetti emersi dall'analisi delle reali condizioni di funzionamento. Infatti, non è sufficiente migliorare l'efficienza nel suo valore massimo assoluto, bensì è necessario migliorarla nelle condizioni di lavoro che più comunemente si trovano sul campo.

Per questo, da tempo, si distinguono curve di rendimento "piatte" che, a partire dal 25/30% del livello di carico fino al 90% mostrano valori molto simili, con punte massime al 70/80% (fig. 34). E' molto più facile, infatti, ottenere valori elevati di efficienza al 100% del carico, dove il cosiddetto consumo intrinseco o autoconsumo assume sempre meno rilevanza percentuale, in quanto è praticamente costante al variare del carico. Raggiungere il massimo rendimento a carico nominale è poco utile, in quanto un UPS non lavora quasi mai al 90/100% della sua potenza nominale. Accade invece spesso che nei sistemi singoli il regime medio di funzionamento si collochi attorno al 60% della potenza nominale, considerando anche i casi in cui, per consentire ulteriori ampliamenti delle utenze, si dimensiona il sistema al 50% del carico nominale.

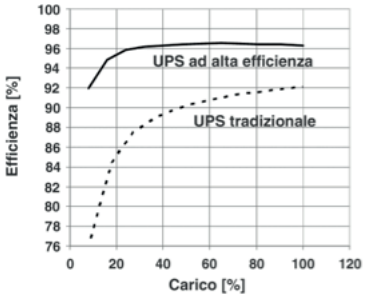


Figura 34

Nei sistemi in parallelo ridondante il livello di carico di ciascun UPS è ancora più basso in quanto 2 gruppi in parallelo funzionano con carico inferiore al 50%, per consentire all'UPS che rimane funzionante, in caso di guasto o manutenzione dell'altro, di poter continuare ad alimentare le utenze anche da solo. Nell'ipotesi di un parallelo di tre UPS, si giunge addirittura ad un regime di carico inferiore al 66% della potenza nominale e così via per sistemi con ancora più unità in parallelo, anche se in verità sono limitati ad applicazioni particolari

Una delle soluzioni percorribili per migliorare le prestazioni di una macchina in termini di efficienza energetica è costituita dall'impiego di inverter basati sulla tecnologia a tre livelli Neutral Point Clamp (NPC). Va detto che questa tecnologia è più costosa, ma consente di aumentare il rendimento della macchina rispetto all'impiego di tecnologie precedenti e quindi ne deriva un consumo inferiore a parità di prestazioni.
Per meglio comprendere il meccanismo, in Fig. 35 è riportato lo schema di un UPS On Line a doppia conversione: la prima sezione "trasforma" la tensione in alternata di linea in una tensione in continua che, a sua volta, viene ritrasformata in una tensione in alternata, adatta ad alimentare il carico. La maggior parte degli UPS utilizza nello stadio di uscita un inverter a semiponte per ottenere tale tensione. Il numero dei livelli dell'inverter è rappresentato dai gradini di tensione misurati da un punto di riferimento, tipicamente il punto di neutro. Un inverter a due livelli, quindi, opera secondo la funzione indicata in Fig. 36.

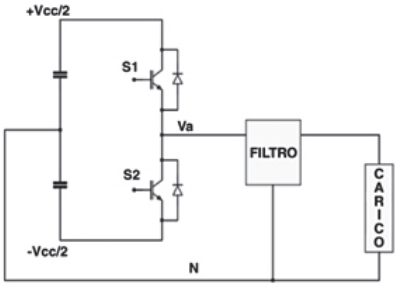


Figura 35: Inverter a due livelli

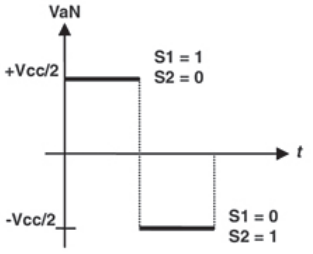


Figura 36: Funzionamento a due livelli di tensione

Un inverter a tre livelli funziona, invece, secondo quanto mostrato nella figura 37. Come si può notare, i livelli di tensione sono, in questo caso, tre (figura 38).

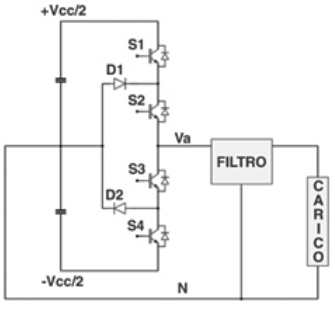


Figura 37: Inverter a tre livelli

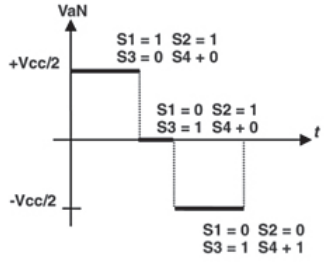


Figura 38: Funzionamento a tre livelli di tensione

Senza entrare nel dettaglio tecnico, tale struttura permette interessanti vantaggi. Innanzi tutto, consente un minor livello di distorsione della tensione in uscita, a qualunque condizione del carico. In secondo luogo, è possibile utilizzare componenti a bassa tensione anche nel caso che si lavori a tensioni elevate. Infine, e questo è l'aspetto che più interessa, si ottengono perdite molto minori. In questo modo, infatti, si riesce a costruire UPS trifase-trifase immuni alle fluttuazioni repentine della potenza del carico, con segnali perfettamente sinusoidali e con prestazioni elettriche al massimo livello, unite a impatti ambientali di altrettanto interesse, come le basse emissioni di rumore acustico.

Parallelamente alla scelta dei migliori dispositivi di commutazione di potenza (IGBT od altri), la cui tecnologia è sempre in evoluzione, i miglioramenti in termini di efficienza degli UPS vengono ottenuti anche agendo su altri dispositivi. Fondamentale è, per esempio, la riduzione delle perdite dovute alle parti magnetiche che si ottiene con la soluzione "*transformerless*" introdotta già da tempo e applicata ormai su quasi tutta la gamma delle potenze laddove un isolamento tra corrente continua ed alternata non è considerato essenziale. In generale, comunque, il risultato si ottiene anche utilizzando magnetiche ad altro rendimento, anche se ciò comporta un ovvio aggravio di costi.

Un risultato "indiretto" in termini di maggior rendimento si ottiene anche con l'adozione di uno stadio di ingresso dell'UPS ad assorbimento sinusoidale. In questo caso la finalità principale è la riduzione delle armoniche di corrente assorbita, ma senza l'utilizzo di dispositivi che aggiungano perdite, come i trasformatori con tecnologia dodecafase e filtri.

Ulteriori incrementi di rendimento vengono ottenuti adottando architetture che utilizzano alte tensioni interne (es. tensione in continua) le quali permettono di diminuire le correnti in gioco e eventualmente anche gli stadi di conversione e quindi le perdite relative.

Tipologie di UPS di tipo *off-line/line-interactive* vengono talvolta adottate laddove la rete di alimentazione è considerata già di buona qualità e i carichi sono in grado di sopportare brevissime perturbazioni che si verificano durante le commutazioni. In tal caso, in funzionamento normale, le perdite dovute alla conversione dell'energia sono ridotte al minimo e si possono raggiungere rendimenti fino al 98%.

Al fine di dimostrare le affermazioni precedenti proviamo a confrontare per un gruppo di continuità da 40 kVA le perdite relative a due macchine. La prima, che definiremo ad alta efficienza, vede applicate le varie tecniche descritte in precedenza per ridurre le perdite, la seconda, definita standard o tradizionale, ha caratteristiche meno performanti in termini di risparmio energetico.

L'UPS efficiente ha un rendimento, considerando le condizioni nominali, del 96,5%, contro un rendimento del 92% dell'altro modello. Ciò evidenzia come, nel breve/medio periodo, possa essere caricato di minori spese di gestione.

È interessante paragonare a questo punto due tabelle, che si riferiscono a un UPS tradizionale e ad uno ad alta efficienza, entrambi da 40 kVA (Tab. 7 e 8).

Carico (%)	Efficienza (%)	Perdita (kW)
9	76,76	0,87
18	84,46	1,06
27	87,43	1,24
37	89,02	1,46
46	89,91	1,65
55	90,49	1,85
63	90,89	2,02
72	91,30	2,20
82	91,57	2,42
90	91,83	2,56
100	92,08	2,75

Tab. 7: UPS tradizionale

Carico (%)	Efficienza (%)	Perdita (kW)
8	91,96	0,22
16	94,85	0,28
24	95,84	0,33
32	96,19	0,41
49	96,43	0,58
57	96,49	0,66
65	96,54	0,75
73	96,50	0,85
81	96,44	0,96
90	96,41	1,07
100	96,29	1,23

Tab. 8: UPS ad elevata efficienza

Esaminando i valori, si evidenzia che, ad esempio, al 63% del carico, l'UPS tradizionale ha un rendimento del 90,89%, con perdite che raggiungono i 2,02 kW. Nel caso di un UPS ad alta efficienza, al 65% del carico si ha un rendimento del 96,54%, con perdite che si riducono a 0,75 kW. In sostanza, si consuma 1,27 kW in meno (con un carico al 65%, invece che al 63%). La comparazione effettuata per tutti i valori del carico non porta a valutazioni diverse. L'UPS ad alta efficienza è pertanto sempre più conveniente.

Basta ora fare due conti sul totale dell'energia risparmiata durante la vita dell'UPS per rendersi facilmente conto dell'ineluttabilità della scelta d'acquisto.

Il rendimento di un UPS ad alta efficienza è per definizione sempre superiore a quello di un UPS di tipo tradizionale, con valori che raggiungono, al 100% del carico, oltre due punti.

La Figura 39 mostra che la forbice tra le potenze perse dall'UPS tradizionale e da quello ad alta efficienza si ampia all'aumentare del carico e che le perdite risultano generalmente almeno doppie nel caso dell'UPS tradizionale. Un dato sperimentale su tutti: a fronte di una potenza dissipata di 668 W per un tradizionale UPS, abbiamo 243 W per un UPS di tipo ad alta efficienza.

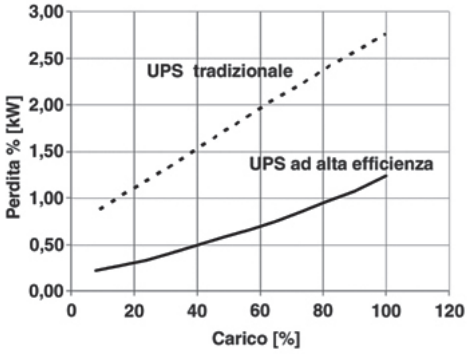


Figura 39: Confronto tra le perdite assolute

Interessante anche un'analisi della figura 40, che mostra, al variare del carico, la differenza tra le potenze perse dall'UPS tradizionale rispetto all'UPS ad alta efficienza: al 100% del carico, sono 1.500 W in meno. Si moltiplichi questo valore per le ore giornaliere di funzionamento, per il costo del kilowattora e per il numero di giorni l'anno di funzionamento e si otterrà una cifra assolutamente significativa di risparmio economico.

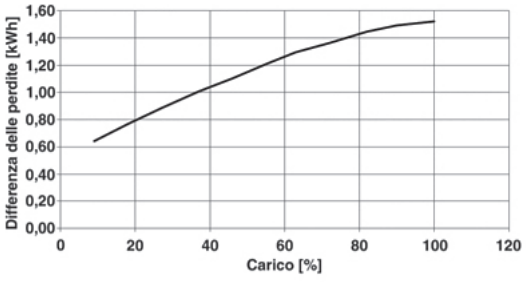


Figura 40: Differenza tra le perdite dei due tipi di UPS

Confrontiamo, ad esempio, i costi di gestione di un UPS ad alta efficienza da 40 kVA, con un fattore di potenza 0,8, con quelli di un UPS tradizionale della stessa potenza.

Consideriamo, sulle 52 settimane di un anno, che l'UPS sia operativo per 47 settimane e che, in questo periodo, cinque giorni siano effettivamente di completa funzionalità al 75% del carico nominale per 10 ore e, per le altre 14, al 25% (in questo caso, ad esempio, solo i server e le altre periferiche IT rimangono alimentate), così come mostrato nelle Tab. 9 e 10.

	Settimane lavorative (47)	**Settimane di non lavoro (5)**
Giorni di lavoro	5 giorni (10 h @ 75% del carico) + (14 h @ 25% del carico)	–
Giorni di non lavoro	2 giorni (24 h @ 25% del carico)	7 giorni (24 h @ 25% del carico)

Tab. 9: I diversi livelli di carico

Carico (cosφ = 0,8) [W]	*Carico [%]*	*UPS ad alta efficienza rendimento [%]*	*UPS ad alta efficienza Perdite [W]*	*UPS tradizionale rendimento [%]*	*UPS tradizionale Perdite [W]*
8.000	*25*	*95,9*	***342***	*86,9*	***1.198***
24.000	*75*	*96,5*	***872***	*91,4*	***2.254***

Tab. 10: Prestazioni e perdite

Le condizioni riportate in queste tabelle, permettono di ricavare la tabella 11.

	UPS ad alta efficienza Perdite d'energia per settimana [kWh]	*UPS tradizionale Perdite d'energia per settimana [kWh]*	*Risparmio d'energia [kWh]*	*Risparmio [%]*
Settimane lavorative (47)	*83,95*	*254,06*	*170,11*	*66,9*
Settimane non lavorative (5)	*57,45*	*201,75*	*144,3*	*71,5*
Totale annuo	*4.233*	*12.947*	*8.714*	*67,3*

Tab. 11: Perdite e risparmi energetici annui

Dal totale annuale della tab. 11, risulta come il funzionamento dell'UPS ad alta efficienza sia già conveniente, consentendo un risparmio annuo di 8.714 kWh.
Ma non è finita. La tabella 12 indica, infatti, come anche il risparmio sulle spese di condizionamento faccia pendere ulteriormente l'ago della bilancia verso l'acquisto di un UPS ad alta efficienza.
Infatti, devono essere conteggiati ulteriori 2.904 kWh come differenza nei costi di condizionamento. In totale, quindi, l'energia in più consumata dall'UPS tradizionale in un anno è di 11.618 kWh. All'attuale costo del kW, un tale risparmio consente di recuperare in pochi anni l'investimento fatto.

	Perdite UPS [kWh]	**Energia per il Condizionamento [kWh]**	**Energia totale [kWh]**
Perdite UPS tradizionale	12.947	4.315	17.262
Perdite UPS alta efficienza	4.233	1.411	5.644
Risparmio energetico annuo	8.714	2.904	11.618

Tab. 12: Perdite e risparmi annui nel confronto tra i due tipi di UPS

In conclusione, considerando che ogni kWh di energia prodotto genera 0,53Kg/kWh di CO_2 , il risparmio annuo di 11.618 kWh si traduce in una riduzione di quasi 6 tonnellate di CO_2 emessi nell'atmosfera

3.4 Gli UPS e la connettività

GESTIONE DELL'UPS

Un UPS, da solo, non è in grado di garantire la totale protezione dei sistemi informatici che alimenta a causa di diversi fattori, tra cui:

• le batterie di cui dispone non possiedono un'autonomia illimitata;

• collegamenti accidentali come ad esempio stufette ed aspirapolvere possono causare un sovraccarico che, in caso di mancanza dell'alimentazione, rende nulla la protezione offerta dall'UPS;

• l'installazione in zone non presidiate come ad esempio sale CED o scantinati, oppure il funzionamento h24, può rendere difficoltosa o impossibile la ricezione degli allarmi che, di conseguenza, pone a rischio la sicurezza degli apparati critici.

Se a queste considerazioni aggiungiamo anche il fatto che ripristinare un sistema può comportare dei costi molto alti, anche a causa del tempo necessario, è facile intuire come sia indispensabile dotare l'UPS di un sistema di supervisione in grado di informare l'utente dell'imminente pericolo e di eseguire automaticamente una serie di azioni atte a garantire l'integrità dei dati e dei sistemi operativi.

I costruttori di UPS offrono differenti sistemi di supervisione per soddisfare al meglio le diverse esigenze dei propri clienti.

DOTAZIONI PIÙ COMUNI SUGLI UPS

Ogni UPS è dotato di una o più interfacce di comunicazione, tramite le quali scambiare segnali più o meno complessi con apparecchiature esterne. Queste apparecchiature dovranno essere dotate di software particolari (forniti a corredo degli UPS), capaci di riconoscere ed elaborare i segnali provenienti dall'UPS. In sostanza avviene un vero e proprio scambio comunicativo tra l'UPS e le apparecchiature di cui sopra.

Chi produce questi segnali è la logica di controllo di cui i moderni Gruppi Statici di Continuità sono dotati. Questi segnali possono permettere una serie abbastanza ampia di funzioni, ad esempio il monitoraggio dello stato dell'UPS, così come garantire uno shutdown automatico "dolce" (ossia consentendo il salvataggio dati) dei server e delle apparecchiature elettroniche del sistema da proteggere, nel caso di una mancanza prolungata dell'alimentazione.

Tuttavia non sempre i carichi da alimentare e proteggere sono dotati di sistemi operativi capaci di "dialogare" con gli UPS; per consentire la comunicazione con carichi meno intelligenti come PLC, automazione industriale, circuiti ausiliari di segnalazione, ecc. gli UPS mettono anche a disposizione interfacce a relè e porte di comunicazione a livelli logici.

Protezione Locale

Per la protezione di un singolo PC (server o postazione di lavoro) e delle relative periferiche è sufficiente utilizzare una connessione RS232 oppure USB ed installare il software di gestione sul sistema da proteggere (Fig. 41).

Se il computer è connesso ad una rete IP è possibile ricevere anche sul proprio computer le segnalazioni di allarme dell'UPS tramite messaggi pop-up ed e-mail e visualizzarne graficamente i dati operativi, attraverso degli specifici programmi di monitoraggio.

Il vantaggio di questo tipo di gestione sta nel fatto che i costi di implementazione sono molto bassi, ma pone un limite: l'UPS deve essere posizionato nelle vicinanze del sistema da proteggere.

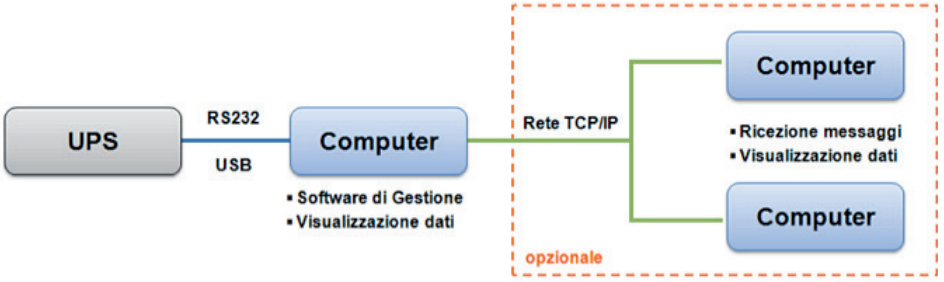


Figura 41

Estensione della Protezione Locale

In caso di un numero maggiore di computer da controllare, è possibile utilizzare la soluzione descritta precedentemente, installando però sugli altri computer uno speciale "*agent*" software che riceverà ed eseguirà i comandi inviati dal computer interfacciato all'UPS (Fig. 42).
Anche in questo caso i costi di implementazione sono molto bassi, ma a seguito di uno spegnimento del computer interfacciato all'UPS (guasto, manutenzione, aggiornamento, ecc...) si inibisce completamente il sistema di gestione e, di conseguenza, non si è più in grado di ricevere le segnalazioni di allarme mettendo così a rischio l'integrità dei rimanenti computer.
Le applicazioni disponibili sono le seguenti:

- Software di gestione
- Software di gestione avanzato + Agent di shutdown

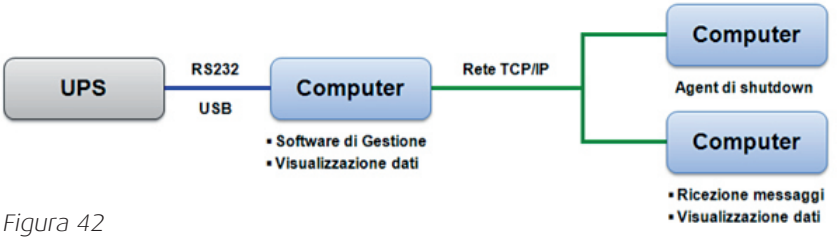


Figura 42

Integrazione alla rete IP

Questo tipo di installazione prevede che l'UPS sia collegato ad una speciale interfaccia di rete al cui interno è installato il software di gestione. La scheda di rete è connessa a sua volta alla rete IP.
Essendo l'UPS collegato direttamente alla rete IP, il suo sistema di gestione è in grado di inviare e-mail e messaggi pop-up, SMS, spegnere e riaccendere i computer.
La protezione dei vari computer è garantita installando in essi un agent software che riceve i comandi dall'interfaccia di rete dell'UPS (Fig. 43).
I vantaggi di questa soluzione sono molti:

- l'UPS può essere installato anche a distanza dai sistemi che deve proteggere;
- l'intera gestione non dipende più da un singolo computer, garantendo di fatto la sicurezza di tutti i dispositivi collegati;

- la visualizzazione dei dati è possibile da un qualsiasi browser WEB senza la necessità di dover installare un software dedicato.

Per implementare un'installazione di questo tipo, sono disponibili differenti tipi di interfacce di rete a seconda della complessità del sistema richiesto dall'utente. Ci si può anche interfacciare, sempre tramite la scheda di rete e il protocollo SNMP, con i NMS (Network Management System). Inoltre, tramite interfaccia Modbus, ci si può interfacciare con i BMS (Building Management System).

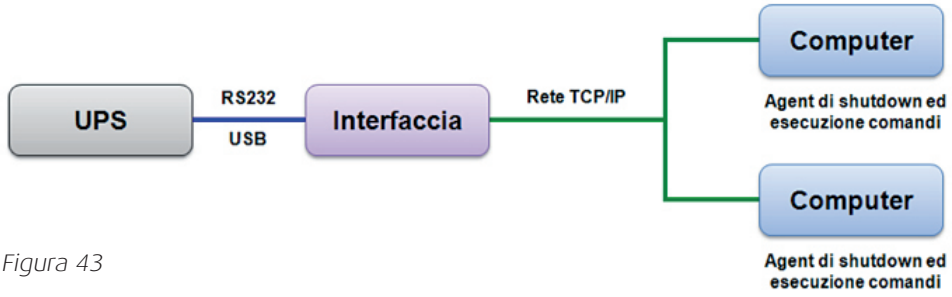


Figura 43

Gestione di più UPS

Prevede l'utilizzo di una applicazione software in grado di monitorare continuamente un numero anche elevato di UPS installati localmente o in siti remoti (Fig. 44).

Tutti gli allarmi generati dagli UPS attraverso i rispettivi sistemi di gestione vengono intercettati, attraverso la rete IP, da questo applicativo che provvede a memorizzarli in un database e ad inviare una serie di messaggi pop-up ed e-mail agli operatori che, connettendosi tramite browser WEB, sono in grado di identificare velocemente l'UPS che ha generato l'allarme e di eseguire una diagnostica completa ed efficiente.

Un tipico esempio di utilizzo di questa applicazione può essere rappresentato da un Istituto di Credito:

- In ogni filiale è installato un UPS, controllato da uno dei sistemi di gestione visti precedentemente, che gestisce e protegge la rete locale.
- Le varie reti locali sono connesse tra loro in modo permanente.
- Nella sede principale è installata la stazione di monitoraggio che controlla continuamente tutti gli UPS.

Il vantaggio di questa soluzione sta nell'utilizzare un sistema standard di monitoraggio e ricezione allarmi consentendo di gestire ogni UPS senza dover conoscerne l'indirizzo IP.

Ogni UPS deve essere interfacciato a un software di gestione, ad una delle interfacce di rete oppure ad un sistema che supporti il protocollo SNMP.

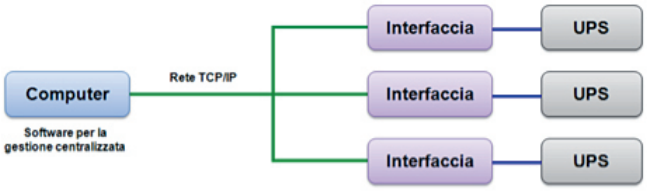


Figura 44

Monitoraggio ambientale

Ci sono situazioni in cui il monitoraggio dell'UPS non è sufficiente ma si rende necessario anche controllare l'ambiente circostante. Utilizzando le interfacce di rete è possibile monitorare, attraverso un apposito sensore analogico, la temperatura e l'umidità dell'ambiente o di uno specifico ambiente o armadio rack e di inviare e-mail o eseguire comandi su computer remoti se la misura esce dalle soglie prefissate (Fig. 45).

In caso ci sia la necessità di utilizzare più di un sensore è possibile interporre, tra l'interfaccia ed il sensore stesso, un apposito dispositivo che ne consenta il collegamento fino ad un numero superiore di differenti sensori. I dati storici dell'andamento delle grandezze misurate dai sensori è memorizzato in un apposito file di log con la possibilità di essere visualizzato graficamente oppure di essere esportato per una successiva analisi e archiviazione. E' possibile anche monitorare lo stato di ingressi digitali (ad esempio micro-interruttori di apertura porta oppure contatti di segnalazione guasti dell'impianto di condizionamento, ecc.) e comandare dispositivi hardware come, ad esempio, segnalazioni luminose o sirene: anche in questo caso è consentito inviare e-mail oppure eseguire comandi su computer remoti.

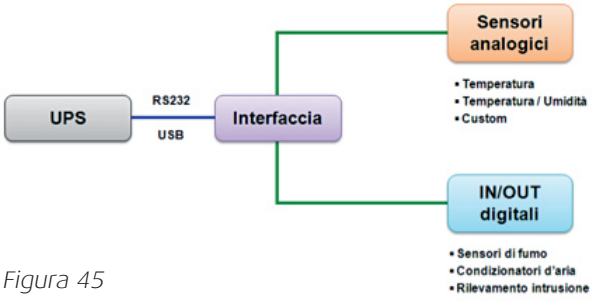


Figura 45

Teleassistenza

La teleassistenza è una modalità di supporto tecnico operata in remoto, da tecnici specializzati, con interazione diretta sul sistema locale: il tecnico è cioè in grado di operare in piena autonomia, inviando comandi ed analizzando le relative risposte del sistema, senza alcuna intermediazione locale (Fig. 46).

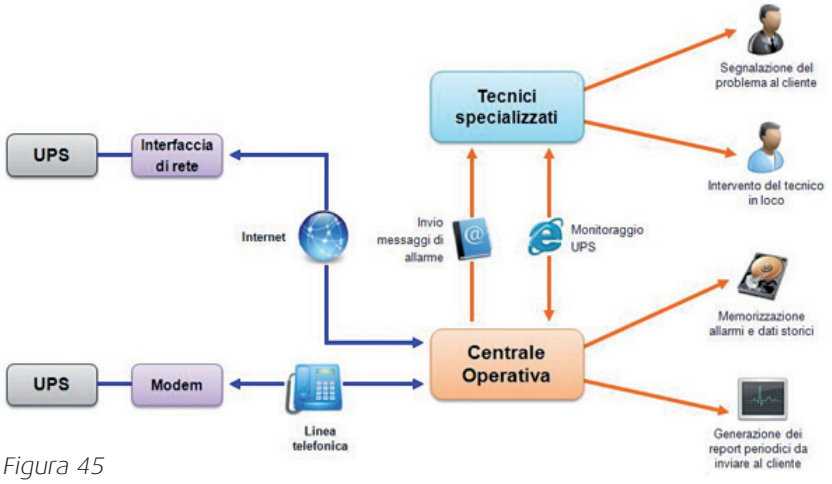


Figura 45

Gli UPS sono apparecchiature ad alta tecnologia e hanno bisogno di una regolare manutenzione per garantire prestazioni sempre efficienti.
L'alimentazione primaria e l'alimentazione fornita dagli UPS possono essere soggette ad anomalie e ad errori operativi: ragion per cui il sistema che protegge l'energia deve essere tollerante ai cambiamenti di stato e stabile anche in presenza di carichi critici. Fenomeni transitori ambientali quali sovratensione, sovraccarico e sovratemperatura, solo per citarne alcuni, possono incidere sull'integrità funzionale dell'UPS. Per assicurare una manutenzione ottimale, la rete di alimentazione elettrica deve quindi essere continuamente monitorata. Ricorrere ad un sistema di monitoraggio a comunicazione bidirezionale attivo 24 ore al giorno, 365 giorni l'anno, creato per la gestione dell'UPS e della rete di alimentazione, garantisce di avere il pieno controllo sui sistemi di continuità, anche per le installazioni più critiche.
Il programma di teleassistenza stabilisce una comunicazione tra il sistema del Cliente e la stazione di monitoraggio, in maniera automatica e continua, ad intervalli di tempo predefiniti e comunque ogniqualvolta si verifichi un'anomalia, inoltrando una immediata comunicazione di allarme. Ogni situazione di emergenza può essere così gestita e risolta con estrema rapidità, anche direttamente on line da remoto, oppure, se necessario, con l'immediato intervento in loco del tecnico specialista. Il tecnico di assistenza è in grado di collegarsi con l'UPS (sfruttando il centro di assistenza come "ponte") per analizzare l'eventuale anomalia e studiare immediatamente la soluzione, in modo da poter arrivare sul sito già preparato. L'obiettivo è quindi quello di massimizzare la disponibilità del sistema attraverso una corretta manutenzione preventiva e minimizzare il downtime grazie alla possibilità di identificare immediatamente il problema e risolverlo al primo intervento.
Perché lo scambio di informazioni possa avvenire correttamente, è necessaria una connessione bi-direzionale; attualmente i sistemi di comunicazione normalmente utilizzati sono:

- La rete internet
- La linea telefonica
- GSM

Il servizio di telediagnosi attraverso rete internet pubblica consiste in una soluzione che ottiene consenso nella comunità IT e realizza un collegamento sicuro dall'UPS al centro di telediagnosi.

4. Le applicazioni

4.1 "I data center"

INTRODUZIONE.

Alcuni studi hanno dimostrato che persino i sistemi delle migliori società elettriche non soddisfano adeguatamente le esigenze di aziende con attività critiche e ininterrotte di elaborazione dati. Per fronteggiare il rischio di interruzione delle attività e di errori di elaborazione dati provocati da discontinuità dell'alimentazione di servizio, si opta per l'implementazione di un sistema UPS.

Nel corso degli anni, molti progettisti hanno cercato di creare la soluzione UPS perfetta per il supporto dei carichi critici. I nomi di tali soluzioni in genere forniscono indicazioni sulla disponibilità che esse sono in grado di assicurare. Sebbene le configurazioni UPS attualmente reperibili in commercio siano molte e abbiano caratteristiche diverse, le più diffuse sono cinque, ossia: A singola unità, Ridondante isolata, Ridondante parallela, Ridondante distribuita e System plus System 2N.

In ogni caso qualunque sia l'effettiva configurazione, occorre risolvere il problema di garantire un'alimentazione sufficiente al carico critico. Una stima per difetto della potenza richiesta può tradursi in seguito in disturbi dell'alimentazione quando si ha un aumento forzato degli assorbimenti, mentre una stima per difetto può provocare costi eccessivi dell'installazione iniziale e spese di manutenzione.

CONFIGURAZIONI E CARATTERISTICHE PROGETTUALI DEI GRUPPI DI CONTINUITÀ.

Le caratteristiche progettuali degli UPS impiegati per distribuire l'alimentazione dalla rete elettrica dell'edificio ai carichi del Data Center possono essere raggruppate in cinque configurazioni tipiche. La scelta della configurazione dipende dalle esigenze di disponibilità, dalla tolleranza al rischio, dalla tipologia dei carichi del Data Center, dai budget e dalle infrastrutture di alimentazione esistenti. La disponibilità dei sistemi è influenzata da molte variabili tra cui gli errori umani, l'affidabilità dei componenti, i programmi di manutenzione e i tempi di ripristino. La tabella 13 descrive le cinque configurazioni disponibili, il livello di disponibilità associato, le classificazione dei livelli e il costo.

Configurazione UPS	Descrizione	Livello disponibilità	Classificazione dei livelli*	Costo per rack (US$)
Capacità (N)	Modulo UPS singolo o gruppo di moduli paralleli	1 = Minimo	Tier I	Da $13,500 a $18,000
Isolato, ridondante	UPS principale che alimenta il carico e modulo secondario che alimenta l'interruttore di bypass statico dell'UPS principale	2	Tier II	Da $18,000 a $24,000
Parallelo, ridondante (N+1)	Più UPS paralleli delle stesse dimensioni collegati a un bus di uscita comune	3		
Distribuito ridondante	Tre o più UPS con alimentatori di ingresso/uscita indipendenti	4	Tier III	Da $24,000 a $30,000
Sistema più sistema (2N, 2N+1)	Due percorsi di alimentazione completamente indipendenti in grado di sostenere individualmente il carico.	5 = Massimo	Tier IV	Da $36,000 a $42,000

*I livelli indicano le categorie di disponibilità in base a obiettivi specifici, definiti dall'Uptime Institute (www.upsite.com).

Tabella 13: Disponibilità e costi indicativi delle configurazioni dei gruppi di continuità.

Nella tabella vengono raggruppate le caratteristiche fondamentali in funzione anche del loro costo presunto. Il fattore trainante che stimola lo sviluppo di nuove configurazioni UPS è la domanda di **disponibilità** da parte dei responsabili informatici. Per "disponibilità" si intende la percentuale di tempo (stimata) durante la quale l'energia elettrica viene fornita senza anomalie per supportare il carico critico. **I livelli** dei sistemi UPS (e tutte le apparecchiature di distribuzione dell'energia elettrica) richiedono una manutenzione periodica. La disponibilità di una configurazione di sistema dipende dal suo livello di immunità rispetto al malfunzionamento o guasto delle apparecchiature e dalla possibilità, legata alle sue caratteristiche intrinseche, di essere sottoposta a manutenzione normale e a test di routine mentre continua a supportare il carico critico. L'Uptime Institute ha approfondito questo argomento in un documento intitolato "*Industry Standard Tier Classifications define Site Infrastructure Performance*". I livelli descritti nel documento dell'Uptime Institute comprendono le cinque architetture UPS citate in questo documento, e illustrate nella tabella 13.
L'aumento di disponibilità di una configurazione va di pari passo con l'aumento del suo costo. La tabella 1 fornisce delle fasce di costo corrispondenti a ciascuna tipologia di progetto. Tali costi rappresentano il prezzo di costruzione di un nuovo data center e non comprendono solo il valore dell'architettura UPS, ma anche quello dell'intera infrastruttura fisica critica per la rete del data center. Sono inclusi i costi di uno o più generatori, di apparecchiature di manovra, sistemi di raffreddamento, del sistema antincendio, del pavimento rialzato, dei rack, del sistema di illuminazione, dello spazio fisico e della messa in servizio dell'intero sistema. Questi sono unicamente i costi immediati e non comprendono i costi di esercizio (ad esempio: i contratti di manutenzione). Nella stima di tali costi si assumono: un'area media di 2,8 mq per rack e un intervallo di densità di potenza compresa tra 2,3 e 3,8 kW / rack. Il costo per rack diminuisce all'aumentare delle dimensioni dell'edificio, data la maggiore superficie calpestabile su cui distribuire i costi e dato il maggiore potere di acquisto nei confronti dei fornitori.

UPS A ELEVATA EFFICIENZA E MODULARITÀ

I consumi del datacenter si possono dividere in tre parti principali: alimentazione, raffreddamento ed IT equipment. Il lavoro utile è rappresentato dall'elaborazione dati nei dispositivi IT, il cui consumo è circa la metà della totale energia richiesta, che deve coprire le esigenze di raffreddamento e accessorie (antincendi, antiintrusione ecc). Un esercizio ben condotto di pianificazione dello sviluppo di un data center, da un ambiente a rack singolo a un data center di grandi dimensioni, dovrà iniziare con il calcolo della dimensione del carico critico che deve essere alimentato e protetto. Il carico critico è composto da tutte le componenti hardware che costituiscono l'architettura delle attività IT: server router, computer, dispositivi di archiviazione, apparecchiature per telecomunicazioni ecc. nonché sistemi di sicurezza, antincendio e di monitoraggio che proteggono tali dispositivi.
Occorre iniziare quindi, con un elenco di tali dispositivi, con le rispettive caratteristiche di assorbimento elettrico. Da questi valori si può definire la potenza nominale iniziale che il nostro data center andrà ad assorbire. Tuttavia i data center sono sempre in evoluzione, gli "aggiornamenti" della IT avranno un ciclo di almeno tre anni durante il quale verranno installati nuovi dispositivi

più potenti o efficienti assieme a dispositivi inizialmente pianificati. È' quindi importante che una infrastruttura sia adattabile permettendo fin dall'inizio di crescere in linea con il carico effettivo. Di fatto, nel progetto di molti data center è insita una certa percentuale di crescita graduale. Per esempio, spesso la collocazione dei rack avviene per fasi, così come la realizzazione del segmento finale della distribuzione di alimentazione nello spazio del data center.
Spesso in un calcolo dell'energia utilizzata in un data center si incorre in un sovradimensionamento che è una delle cause principali di spreco di energia elettrica, ma per gli utenti è la più difficile da comprendere o valutare. Lo schema del flusso di alimentazione riportato in Fig. 47 evidenza in che parte l'UPS contribuisce per il flusso di energia verso il carico IT. Si noti che in questo esempio solo il 30 % dell'energia elettrica in ingresso nell'infrastruttura (denominata potenza utile) concorre effettivamente ad alimentare il carico IT, mentre il rimanente viene convertito in calore e quindi consumato dalle apparecchiature di alimentazione, raffreddamento e illuminazione. Nel caso rappresentato la parte UPS rappresenta il 18% del totale dell'energia che non produce una "funzione utile" per il carico IT.

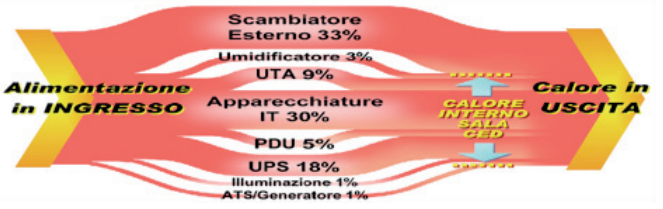


Figura 47: Flusso dell'alimentazione in una sala CED standard 2 N .

Quando si realizza un sistema modulare per l'infrastruttura fisica, è possibile ridurre in larga misura la perdita dovuta al sovradimensionamento, mentre il risparmio ottenibile è riportato nella figura 48.
Nella scelta dell' UPS, si possono scegliere due strade: quella di installare un sistema che tenga in considerazione già da subito il valore massimo della potenza ipotizzata assorbita oppure un prodotto **"adattabile" modulare** che permetta di essere più flessibili. Molto spesso la potenza erogabile installata non equivale fin dall'inizio alla potenza erogabile a livello di sala al momento dell'avvio. Inoltre la potenza erogabile installata varia in linea con l'andamento del carico effettivo. La distanza tra le due linee rappresentate sul grafico equivale ad un sovradimensionamento che produce uno spreco in energia sull'impianto: minore è la distanza tra queste due linee minori saranno le perdite .
L'utilizzo di UPS modulari aiuta a raggiungere un data center sempre più efficiente, riducendo in tutto il ciclo di vita del data center, le perdite per sovradimensionamento.

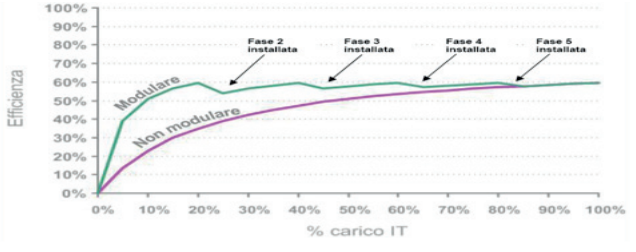


Figura 48: Efficienza di una sala CED in funzione del carico IT – con progetti modulari e non modulari.

Oggi si possono trovare sul mercato apparecchiature UPS che permettono di soddisfare i requisiti di adattabilità. Questa tipologia di UPS modulari permettono di adeguarsi alle condizioni di carico richieste e lavorare nella parte di curva a più alta efficienza.
Oggi circa il 70% dell'infrastruttura, di cui l'UPS è una parte, e il sistema di alimentazione devono essere tali che possano crescere in linea con l'incremento della potenza richiesta nel data center o sala per apparati di rete. In pratica, l'unica parte del sistema di alimentazione che viene realizzata per intero fin dall'inizio è composta dall'interruttore principale di ingresso quadri principali di distribuzione dell'alimentazione che vengono dimensionati in modo tale da soddisfare le esigenze in termini di potenza erogabile massima a livello di sala. Il gruppo di continuità, i moduli batterie, le unità di distribuzione dell'alimentazione, l'interruttore di bypass e il cablaggio di alimentazione dei rack possono essere tutti installati in modo modulare in linea con l'evoluzione del carico. La modularità permette la sostituzione dei moduli di potenza o dei cassetti batterie a "caldo" senza dover ricorre allo spegnimento dell'UPS e il passaggio sotto l'alimentazione di servizio del carico. Attualmente sono disponibili tecnologie che aumentano notevolmente l'efficienza dei sistemi UPS. Nella figura 49 vengono messe a confronto le prestazioni degli UPS ad elevata efficienza, introdotti di recente sul mercato, con quelle degli UPS tradizionali, pubblicate da Lawrence Berkley National Labs.

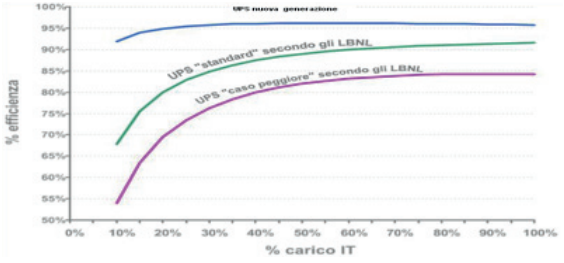


Figura 49: Efficienza degli UPS espressa come funzione del carico e confronto UPS recenti e precedente generazione.

Nella figura 49 viene evidenziato che l'efficienza dei più recenti sistemi UPS risulta significativamente più elevata in presenza di qualsiasi carico IT (curva di colore blu) e che il miglioramento dell'efficienza è maggiore in presenza di carichi più bassi. Ad esempio, in presenza di un carico del 30% l'efficienza dei sistemi UPS più recenti risulta essere superiore del 10% rispetto alla media dei sistemi UPS correntemente istallati. In questo caso, le perdite effettive di potenza elettrica degli UPS diminuiscono del 65%. Le perdite degli UPS (calore) devono essere smaltite dal condizionatore d'aria e causano un ulteriore consumo energetico. Alcuni sistemi UPS più recenti possono operare in modalità "economy". Tale modalità, tuttavia, non offre una completa protezione dai problemi dell'energia della rete e se ne sconsiglia l'uso qualora la rete sia fortemente disturbata. Gli UPS ad alta efficienza e i dati relativi ai livelli di efficienza utilizzati nel grafico sopra si riferiscono ad UPS a doppia conversione VFI, con protezione completa dalle irregolarità dell'energia di rete.

Figura 50: Esempio di UPS modulare – con cassetti di potenza estraibili a caldo.

Oggigiorno le richieste delle installazioni IT necessitano di sorgenti di potenza come gli UPS **capaci di supportare carichi** capacitivi indipendentemente dalla potenza nominale dell'installazione. Solo alcuni anni fa gli UPS erano progettati per alimentare carichi con cosfi pari a 0.8 induttivo, presentando un declassamento in potenza in caso di funzionamento con carichi capacitivi. Le nuove tecnologie degli UPS permettono di alimentare a piena potenza (senza declassamento) tutti i carichi da 0.9 induttivo a 0.9 capacitivo. Questa caratteristica evita il sovradimensionamento dell'UPS in caso di carichi a Fattore di Potenza unitario o capacitivo, come ad esempio i carichi informatici. Il diagramma circolare di uscita di un UPS mostra il comportamento dello stesso al variare delle caratteristiche del carico (Fig. 51).

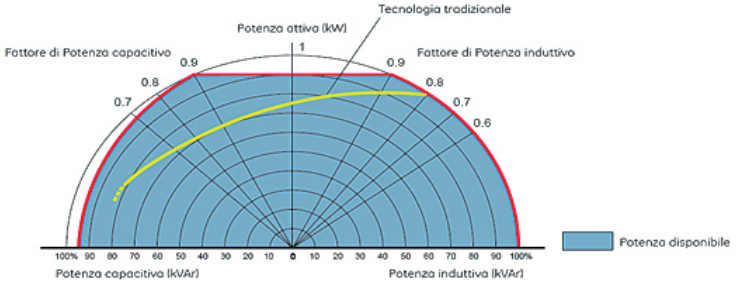


Figura 51: Esempio di diagramma circolare di uscita UPS.

La linea gialla riportata nella curva descrive il declassamento di un UPS che utilizza tecnologia tradizionale, non idoneo ad alimentare un carico con un fattore di potenza capacitivo; mentre la parte azzurra è la potenza resa da parte di UPS di nuova generazione adatti ad alimentare le nuove caratteristiche elettriche dei data center.

4.2 UPS: la configurazione N

Spesso le configurazioni dei sistemi UPS vengono descritte con una nomenclatura basata sulla lettera "N". La lettera "N" può essere definita come il fabbisogno del carico critico. In altri termini, si tratta dell'alimentazione necessaria per l'apparecchiatura protetta. Per illustrare il significato di "N", utilizzeremo come esempio le apparecchiature IT note come array RAID (Redundant Array of Independent Disks). Se occorrono, ad esempio, quattro dischi per soddisfare le esigenze di capa-

cità di archiviazione, questo è un sistema "N". Se invece vi sono cinque dischi e ne occorrono solo quattro per soddisfare le esigenze di capacità, questo è un sistema N+1.
Tradizionalmente è stato necessario prevedere il fabbisogno futuro dei carichi critici, per fare in modo che un sistema UPS potesse supportare carichi per i successivi 10 o 15 anni. La proiezione di questo carico si è rivelata un compito difficile. Negli anni novanta è stato sviluppato il concetto di "watt per mq" allo scopo di stabilire un quadro di riferimento e permettere il confronto tra impianti. Oggi sempre più si utilizza il concetto "watt per rack" per esprimere la capacità di un sistema. Tale parametro si è rivelato più affidabile, perché è molto facile contare il numero di rack contenuti in un determinato spazio. Indipendentemente dalla modalità con cui si sceglie il carico "N", è essenziale effettuare tale scelta fin da principio, per far sì che la progettazione parta con il piede giusto.

CONFIGURAZIONE CON SISTEMA "N"

Un sistema N è costituito da un sistema con un unico modulo UPS (Fig. 52), o una serie di moduli messi in parallelo, la cui capacità viene proporzionata al carico critico previsto per il futuro. Questo tipo di sistema è di gran lunga il più comune. Il piccolo UPS installato vicino alla scrivania dell'ufficio è una configurazione N. Analogamente, la sala computer da 500 mq con una capacità di progetto proiettata di 400 kW è una configurazione N sia che comprenda un singolo UPS da 400 kW, o due UPS da 200 kW messi in parallelo su un bus comune. Una configurazione N può essere considerata il requisito minimo per assicurare la protezione del carico critico.
Sebbene gli esempi precedenti vengano considerati configurazioni N, i progetti dei rispettivi moduli UPS sono diversi. A differenza degli UPS di piccola taglia, i sistemi con capacità superiori a quelle tipiche dell'alimentazione monofase (all'incirca 20 kW) sono dotati di interruttori statici interni che consentono di trasferire sicuramente il carico all'alimentazione di servizio qualora si verifichino problemi interni nel modulo UPS. I momenti in cui l'UPS trasferisce al bypass statico vengono determinati in fase di progetto per assicurare la massima protezione del carico critico, proteggendo al tempo stesso il modulo da condizioni che potrebbero danneggiarlo.
Per migliorare una configurazione N si può dotare il sistema di una funzionalità di " manutenzione" o by pass " esterno" per consentire l'arresto sicuro dell'intero sistema UPS (moduli e bypass statico) per la manutenzione. Questo bypass esterno è un circuito, normalmente aperto, che può essere chiuso solo quando il modulo UPS è nella modalità bypass statico.

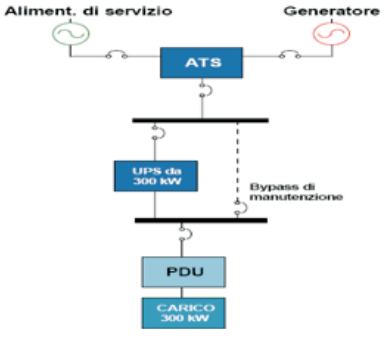


Figura 52: Configurazione UPS a modulo singolo "N"

I vantaggi di questo tipo di configurazione sono i seguenti:
- configurazione hardware concettualmente semplice ed economicamente efficace;
- efficienza ottimale dell'UPS, dovuto al fatto che l'UPS viene utilizzato per l'intera sua capacità;
- assicura una disponibilità superiore a quella dell'alimentazione di servizio;
- espandibile in caso di bisogno, con UPS in parallelo.

E questi gli svantaggi:
- disponibilità limitata nel caso di avaria di un modulo UPS, perché il carico verrà trasferito al bypass, con conseguente esposizione a un'alimentazione non protetta;
- durante la manutenzione dell'UPS il carico viene esposto ad una alimentazione non protetta (di solito ciò accade una volta all'anno, con una durata tipica di 2 -4 ore);
- l'assenza di ridondanza limita la protezione del carico contro i guasti dell'UPS;
- molti singoli punti di guasto (il sistema ha un'affidabilità non superiore a quella del suo punto più debole).

CONFIGURAZIONE RIDONDANTE PARALLELO, O "N+1".

Le configurazioni ridondanti parallele tollerano il guasto di un singolo UPS senza richiedere il trasferimento del carico critico all'alimentazione di servizio. La funzione di un qualsiasi UPS è quella di proteggere il carico critico da eventuale variazioni o interruzioni dell'alimentazione di servizio. Con l'aumento dell'importanza critica dei dati, e la minore tolleranza del rischio, il by pass di manutenzione viene considerato una caratteristica da utilizzare il meno possibile. I sistemi N+1 devono continuare a essere dotati della funzionalità di bypass statico, e la maggior parte di essi hanno un bypass di manutenzione, in quanto esso continua ad assicurare funzionalità critiche.

Una configurazione ridondante parallela è costituita da più moduli UPS aventi le stesse caratteristiche, in parallelo su un bus di uscita comune. Il sistema ha una ridondanza N+1 se la riserva di potenza è almeno pari alla capacità di un modulo di sistema, e una ridondanza N+2 se tale riserva è uguale a due moduli di sistema; e così via. I sistemi ridondanti paralleli richiedono moduli di potenza UPS della stessa capacità prodotti dallo stesso costruttore. Il costruttore del modulo UPS fornisce anche la scheda di messa in parallelo per il sistema. Tale scheda può contenere circuiti logici comunicanti con ogni singolo modulo UPS, che a loro volta comunicheranno gli uni con gli altri in modo da creare una tensione di uscita completamente sincronizzata. Il bus di parallelo può essere dotato di monitoraggio che consente la visualizzazione del carico del sistema e delle caratteristiche di tensione e corrente a livello di sistema. Nelle condizioni normali di esercizio, i moduli UPS in uno schema ridondante parallelo condividono il carico critico in proporzioni uguali. Quando uno dei moduli viene tolto dal bus parallelo per qualsiasi motivo, i moduli UPS rimanenti devono accettare immediatamente il carico di tale modulo UPS fuori servizio. Questa funzionalità permette di estrarre qualsiasi modulo dal bus di parallelo per assistenza senza che sia necessario collegare il carico direttamente all'alimentazione di servizio. L'efficienza del sistema è un fattore importante nella progettazione di sistemi UPS ridondanti. I moduli UPS per valori di carichi bassi sono di solito meno efficienti dei moduli aventi un carico prossimo alla loro potenza nominale. La tabella 14 mostra il tipico carico di esercizio per un sistema in cui si utilizzano moduli UPS di varie potenze nominali che tutti insieme alimentano un carico prossimo ai 240 kW. Come si vede a titolo di esempio, la scelta di potenza degli UPS può influire molto negativamente sull'efficienza del sistema.

Moduli UPS in parallelo	Carico mis-sion-critical	Capacità totale del sistema UPS	% di carico per cia-scun modulo UPS
2 x 240 kW	240 kW	480 kW	50 %
3 x 120 kW	240 kW	360 kW	66 %
4 x 80 kW	240 kW	320 kW	75 %
5 x 60 kW	240 kW	300 kW	80 %

Tabella 14: Configurazioni N+1

La configurazione tipica ridondante a due moduli è rappresentata nella figura 53. In essa si vede che benché questi sistemi assicurino la protezione da guasti per un singolo modulo UPS rimane tuttavia un singolo punto di guasto nel bus di messa in parallelo. Il circuito di bypass di manutenzione è un punto importante da considerare in questi progetti, per consentire l'arresto del bus di parallelo per la manutenzione periodica.

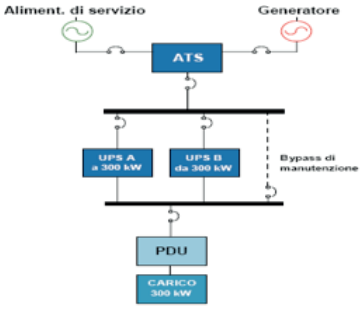


Figura 53: Configurazione UPS ridondante parallela (N+1)

CONFIGURAZIONE RIDONDANTE DISTRIBUITA.

In questa configurazione sostanzialmente si utilizzano tre o più moduli UPS con linee di alimentazione di entrata e uscita indipendenti. I bus di uscita indipendenti sono collegati al carico critico tramite più unita di distribuzione dell'alimentazione (PDU) e commutatori di trasferimento statici (STS). Lo schema in Fig. 54 raffigura una installazione ridondante con tre STS e il carico distribuito in parti uguali sui tre moduli nel funzionamento normale. Il guasto verificatosi su un qualsiasi modulo forza l'STS a trasferire il carico al modulo UPS che alimenta la sorgente di alimentazione alternativa. In entrambe queste linee è evidente la differenza tra la distribuzione dell'alimentazione a carichi con doppia alimentazione, oppure a carichi ad alimentazione singola. I carichi a doppia alimentazione possono essere alimentati direttamente dalle due unità STS, mentre quelli ad alimentazione singola possono essere alimentati da un singolo STS, che diventa un singolo punto di guasto. Poiché oggi il numero di carichi ad alimentazione singola presenti nei data center continua a diminuire, sta diventando più conveniente e meno costoso applicare più commutatori di trasferimento di piccola taglia a "punto di utilizzo" nelle vicinanze di carichi ad alimentazione singola. Nei casi in cui il 100% dei carichi sia a doppia alimentazione, questa configurazione potrebbe essere realizzata senza utilizzare unità STS.

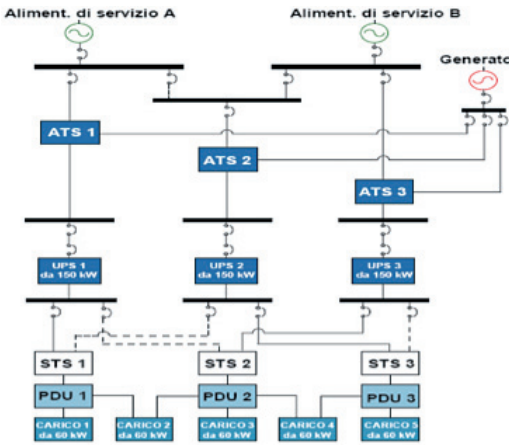


Figura 54: Configurazione UPS ridondante distribuita.

I sistemi ridondanti distribuiti vengono di solito scelti per installazioni grandi e complesse nelle quali la manutenzione simultanea costituisce un requisito e molti carichi, o la maggior parte di essi, sono ad alimentazione singola. Anche i risparmi conseguibili rispetto a una 2N spingono ad adottare questa configurazione.

CONFIGURAZIONE SYSTEM PLUS SYSTEM RIDONDANTE.

Gli schemi System plus System, Multiple Parallel Bus, double –Ended, 2(N+1), 2N+2, [(N+1)+(N+1)] e 2N sono altrettante varianti di questa configurazione. Con questo schema progettuale diventa ora possibile creare sistemi UPS che potrebbero non richiedere mai il trasferimento del carico all'alimentazione di servizio. Questi sistemi possono essere progettati in modo da eliminare ogni singolo punto di guasto possibile. Tuttavia l'implementazione di questo schema progettuale sarà tanto più costosa quanto maggiore è il numero di singoli punti di guasto eliminati. Non è infrequente che gli spazi riservati ai componenti di supporto all'infrastruttura (UPS, batterie, raffreddamento, generatore, alimentazione di servizio e distribuzione elettrica) abbiano dimensione uguale allo spazio destinato alle apparecchiature dei data center.

La configurazione rappresentata in fig. 55, è imperniata sulla duplicazione dei sistemi UPS ridondanti paralleli. Idealmente questi sistemi UPS saranno serviti da quadri di comando distinti, e persino alimentazioni di servizio, ed eventualmente gruppi elettrogeni, separati. I costi della costruzione di questo tipo di impianto sono giustificati dall'importanza di quanto accade all'interno del data center e dei derivati dall'interruzione delle attività.

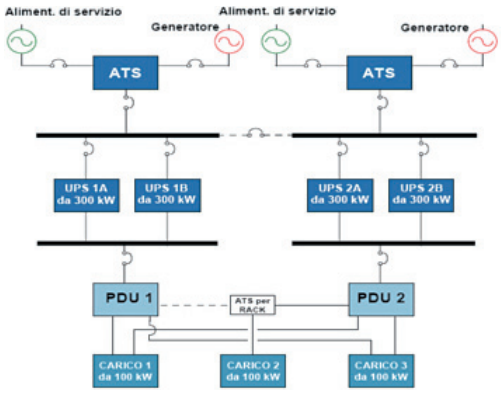


Figura 55: Configurazione UPS 2(N+1)

In questo esempio , il carico critico è di 300kW, per cui occorrono quattro moduli UPS da 300kW, due per ciascuno dei due bus paralleli distinti. Ciascun bus fornisce la distribuzione necessaria per due percorsi separati che vanno direttamente ai carichi a doppia alimentazione. Il carico a singola alimentazione viene alimentato con l'utilizzo di STS per portare la ridondanza dell'alimentazione più vicina al carico. Tuttavia le architetture di livello IV richiedono che tutti i carichi siano a doppia alimentazione.

SCELTA DELLA CONFIGURAZIONE PIÙ OPPORTUNA

I fattori da prendere in considerazione nella scelta della configurazione più appropriata sono:

Costo/ripercussioni dell'interruzione delle attività - Quanto tempo richiede il ripristino del sistema dopo un guasto? La risposta a questa domanda aiuterà a definire il budget: la decisione prenderà una strada differente a seconda dei costi che si dovranno sostenere nell'ipotetico caso di un fermo.

Tolleranza del rischio - Le aziende che non hanno mai subito un guasto importante sono di solito più propense ad accettare rischi. Le aziende più virtuose impareranno da ciò che fanno altre aziende del loro settore. Quanto meno l'azienda è propensa ad accettare rischi, tanto più sarà motivata a puntare sulla maggiore affidabilità e a sviluppare meccanismi di ripristino in caso di calamità.

Requisiti di disponibilità - Quante interruzioni delle attività all'anno l'azienda può sopportare, in un anno tipico? Se la risposta è "nessuna", occorre mettere a budget una soluzione ad alta disponibilità. Se invece l'azienda può interrompere le proprie attività ogni notte dopo le ore 22 e durante la maggior parte dei weekend, potrà accontentarsi di una configurazione UPS ridondante parallela. Ogni UPS prima o poi dovrà essere manutenzionato. Quanto è minore il tempo destinabile alla manutenzione del sistema su base annua, tanto maggiore sarà la necessità di introdurre elementi di ridondanza.

Tipi di carichi (alimentazione singola piuttosto che doppia) - I carichi a doppia alimentazione danno l'opportunità di sfruttare gli elementi di ridondanza; la conoscenza dei carichi esistenti nel data center fornirà le indicazioni al progettista per scegliere la più idonea configurazione di alimentazione.

Budget - Il costo dell'implementazione di una configurazione 2(N+1) è significativamente maggiore, da ogni punto di vista, rispetto a quello di una configurazione "N", ridondante parallela, o ridondante distribuita. Tanto per dare un'idea della differenza di costo in un data center di medie dimensioni, un sistema con ridondanza distribuita può richiedere per un carico da 300 kW, tre sistemi UPS da 150 kW cadauno, mentre in un sistema 2 (N+1) è necessario prevedere almeno 4 UPS da 300 kW.
Un ulteriore aiuto nel comprendere i differenti valori ottenuti con le varie configurazioni analizzate è sicuramente il risultato di calcoli molto complessi che vengono riassunti nella tabella 15.

Configurazione UPS	Valore	Disponibilità
Configurazione UPS "a capacità" a modulo singolo	1	99,92 %
Configurazione UPS ridondante isolata	2	99,93 %
Configurazione UPS (N+1) ridondante parallela	3	99,93 %
Configurazione UPS "catcher" ridondante distribuita	4	99,9989 %
Configurazione UPS ridondante distribuita	5	99,9994 %
Configurazione UPS 2(N+1)	6	99,99997 %

Tab. 15: Risultati dell'analisi disponibilità delle cinque configurazioni UPS.

4.3 UPS per l'illuminazione di emergenza

PREMESSA
L'inizio dell'attività normativa per gli UPS nel campo dell'illuminazione d'emergenza risale al 1989, anno in cui è stata costituita dal Cenelec, cioè direttamente a livello europeo, la BTTF(task-force)60-4 allo scopo di preparare al più presto, data la confusione all'epoca esistente sul mercato, una Norma specifica di sicurezza; assegnata in seguito al CEI e da questi al Comitato Tecnico 34 "Lampade e relative apparecchiature" in quanto quest'ultimo tratta anche i dispositivi di alimentazione dei diversi tipi di lampade a scarica e gli apparecchi per illuminazione di emergenza autonomi (CEI EN 60598-2-22) che, essendo dotati di batteria, funzionano in pratica come piccoli UPS.
In quel primo periodo, sono state prodotte, oltre alla Norma di sicurezza EN 50091-1, anche quelle sulla compatibilità elettromagnetica EN 50091-2 e sulle prestazioni ENV 50091-3.
Nel 1997 la BTTF è stata sciolta e l'attività acquisita dal Cenelec 22X "Elettronica di potenza" che ha trattato gli sviluppi normativi successivi con il gruppo di lavoro "WG4-UPS".
Nel 1999, l'allargamento dell'attività a livello mondiale per la globalizzazione ha fatto nascere il SC-IEC 22 H; mentre in campo nazionale questa attività è stata svolta, fin dalle origini, dal Sotto Comitato 22 UPS del CEI.
Si rileva come, in tale attività, sia sempre stata essenziale la presenza dei delegati italiani, come Presidenti o Segretari, rappresentanti di Aziende del Gruppo UPS di AssoAutomazione.

TIPI DI ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA

Per illuminazione di emergenza si intende quella destinata a funzionare quando l'illuminazione ordinaria viene a mancare. La definizione di illuminazione di emergenza nonché delle sue molteplici applicazioni è data a livello normativo dalla Uni EN 1838 che la divide in due categorie primarie: illuminazione di sicurezza e illuminazione di riserva.

a) illuminazione di sicurezza

Consente lo sfollamento in sicurezza del locale oppure di terminare un processo potenzialmente pericoloso ; si suddivide a sua volta in :

- Illuminazione delle vie di fuga , che garantisce che le vie e le uscite siano effettivamente identificate;
- Illuminazione antipanico , che permette di raggiungere il luogo dove le vie di fuga possono essere identificate;
- Illuminazione di aree ad alto rischio, per la sicurezza delle persone coinvolte in processi pericolosi .

b) illuminazione di riserva

Consente di continuare l'attività al mancare dell'illuminazione ordinari .

In merito all'illuminazione di sicurezza, se ne delineano nel seguito le principali caratteristiche.
Essa si applica a:

- vie di fuga e relativa segnalazione;
- locali destinati a servizio elettrico, a generatori di emergenza e a quadri di distribuzione;
- locali macchina per ascensori;
- centrali di climatizzazione;
- centri di elaborazione dati;
- altre applicazioni(raccomandata)

Le caratteristiche prestazionali dell'impianto, con riferimento alle Norme UNI-EN 1838,CEI 64-8/7 –V2, CEI –EN 60598-2-22 e DLgs 493/96 sono :

- illuminamento : da 2,5 a 15 lx (sicurezza)
- intervento :da 0 a oltre 15 s
- autonomia : da 30 min a 24 h
- tempo di ricarica della batteria : da 2 h a 24 h

Dette grandezze sono specificate nella EN 1838, con le Deviazioni nazionali seguenti:

- luoghi di lavoro : DLgs 626/94
- locali di spettacolo e trattenimento con oltre 100 presenti: DM 19.8.96
- alberghi ,pensioni e simili con oltre 25 posti letto: DM 9.4.94
- scuole di ogni tipo con oltre 100 presenti : DM 26.8.92
- locali di vendita con superficie lorda superiore a 400 m2 :DM 8.3.85
- stazioni sotterranee di ferrovie e simili: DM11.1.88
- case di riposo, ospizi, asili e simili: DM 8.3.85 ;DM 9.4.94
- locali ad uso medico : DM 5.8.77,DM 8.3.85,DM18.9.02
- abitazioni di altezza superiore a 24 m :DM16.5.87

- edifici pregevoli per arte e storia: DM 8.3.85
- musei, biblioteche, archivi e simili :DPR 569/92 e DPR 418/95
- ascensori e montacarichi:DM14.6.89
- impianti sportivi: DM 18.3.86
- navi: DM 9.4.94

CRITERI DI SCELTA DELL'UPS E DIMENSIONAMENTO

L'UPS dovrà essere scelto principalmente sulla base delle seguenti caratteristiche:

a) Il carico e il fattore di potenza.

La potenza da alimentare è data dalla somma delle potenze dei singoli apparecchi di illuminazione; è importante fornire al costruttore la potenza apparente complessiva (VoltAmpere) e il fattore di potenza del carico se inferiore a 0,7.

b) La sovracorrente di avviamento.

E' il parametro più critico e incide molto sul dimensionamento: alcuni tipi di lampade possono assorbire correnti nel transitorio di avviamento molto superiori a quelle nominali; i valori seguenti sono indicativi, per maggiori dettagli occorre richiedere informazioni ai relativi produttori:

Corrente massima/nominale e durata dell'avviamento

Incandescenza/alogeni a tensione di rete : ≤ 15 ; ≤ 0,1 s

Alogeni a bassissima tensione : ≤ 2 ; ≤ 1 s

Fluorescenza elettroniche(lineari o compatte) : ≤1 ≤ 1s

Alogenuri elettroniche : ≤ 1 ; ≤ 4 min

Sodio a.p. : ≤ 2 ; ≤ 7 min

LED : ≤ 1; ≤0,1 s

Supponiamo che un carico di lampade ad alogeni da 1000 VA assorba una corrente di avviamento 7 volte superiore, cioè 7000 VA e che l'UPS possa sopportare normalmente un sovraccarico del 150%.

La potenza dell'UPS diventa:7000/1,5 = 4667 VA.

c) Autonomia

L'autonomia richiesta al sistema dipende dal contesto di installazione e dall'applicazione e può variare a seconda della configurazione di impianto (la presenza o meno di gruppo elettrogeno, è importante nella scelta dell'autonomia).

d) Configurazione

Vi sono diversi modi di funzionamento secondo la CEI EN 50171. Vi è il modo con "commutazione" (in attesa o off-line) che consente vantaggi nei rendimenti, più elevati poiché nel funzionamento normale (con rete presente) parte dell'elettronica è spenta (l'inverter). Tale tecnologia prevede un tempo di commutazione alla mancanza rete, non sempre compatibile con le utenze da alimentare (alcune lampade non consentono tempi di interruzione troppo lunghi).

Vi è poi il modo senza interruzione (on-line) che permette l'alimentazione di tutte le tipologie di carico ma con alcuni limiti riguardanti le microinterruzioni e l'assorbimento di anomalie di rete.

Il modo con commutazione e dispositivo supplementare di manovra per il trasferimento centrale del carico è la modalità consigliata per l'alimentazione di luci di emergenza unicamente quando

la rete di alimentazione è assente e non è possibile disporre dell'illuminazione ordinaria. Il modo con commutazione e dispositivo supplementare di manovra per il trasferimento parziale del carico è invece consigliato per l'alimentazione di carichi che necessitano di disporre continuamente di alimentazione (illuminazione ordinaria, ma anche le apparecchiature informatiche o altro carichi sensibili che vanno protetti dall'assenza di alimentazione) e di carichi da alimentare unicamente alla mancanza rete (segnalazioni indicanti le vie i fuga).
Come prescrive la normativa impianti (CEI 64-8), le due linee (una sempre alimentata e una alimentata solo in assenza rete) devono essere separate alla sorgente in quanto la linea dedicata alle luci di emergenza deve essere sempre separata da quella ordinaria.
e) Caratteristiche dinamiche
La tipologia di UPS secondo la CEI EN 62040-3 che definisce le caratteristiche dell'uscita, la forma d'onda e le prestazioni dinamiche, valide in genere per quasi la totalità dei tipi di lampade per emergenza, ha la seguente classificazione:
- Caratteristiche dell'uscita: VI (voltage independent) - fornisce all'uscita la forma d'onda stabilizzata in tensione ma non in frequenza;
Forma d'onda: XX - con forma d'onda di uscita non sinusoidale;
Prestazione dinamica: 222 - con la variazione della tensione di uscita che rientra nelle tolleranze a tempi brevi (1 ms).

VERIFICHE PERIODICHE
Per mantenere il massimo livello di affidabilità, funzionalità e sicurezza degli UPS è importante che venga effettuato un sistematico servizio di manutenzione. Le procedure sono riportate nella relativa Guida CEI-AssoAutomazione sulle verifiche e la manutenzione.

4.4. Impianti in locali ad uso medico

Oggigiorno all'interno di un Istituto sanitario trovano spazio non soltanto attrezzature specifiche per le applicazioni in campo clinico, ma anche sistemi che permettono la comunicazione tra i vari reparti, per garantire un flusso di informazioni che deve essere costante e senza interruzioni (si vedano ad esempio i nuovi sistemi RIS-PACS), permettendo agli esperti medici e agli organismi di gestione ospedaliera di ottenere un altissimo livello nella qualità della cura del paziente, come pure una migliore efficienza finanziaria ed operativa per tutto l'Istituto. Progettare un impianto elettrico in genere significa infatti ottimizzare le esigenze di:
- Sicurezza per persone e cose;
- Affidabilità funzionale;
- Flessibilità e modularità;
- Manutenibilità;
- Costo di impianto;
- Costo di esercizio.

Nel processo di ottimizzazione è ovvio che il peso dei vari elementi varierà in funzione della finalizzazione degli impianti, cioè del tipo di opera che si considera. Occorre quindi tenere bene in considerazione i concetti di affidabilità e di disponibilità elettrica, partendo dal presupposto che non sempre un sistema affidabile è anche un sistema sicuro (paradossalmente dovremmo ritenere affidabilissimo un impianto elettrico sprovvisto di qualsiasi dispositivo di protezione poiché sarebbero eliminate le corrispondenti cause di disservizio): ecco perché affidabilità e disponibilità sono concetti strettamente correlati, applicabili a sistemi, sottosistemi o singoli elementi. Progettare un sistema elettrico ad alta affidabilità significa adottare tutti gli accorgimenti impiantistici e le tecnologie innovative possibili per renderlo poco suscettibile a perturbazioni che ne comportino un guasto, un blocco o una riduzione nelle sue capacità in modo imprevisto (affidabilità), e renderlo in grado di svolgere la funzione richiesta, in determinate condizioni, in modo pressoché continuativo (disponibilità). Gli UPS vengono incontro a questi obiettivi, mantenendo in sicurezza le attrezzature mediche e garantendo la continuità dell'energia all'intera infrastruttura. Sono infatti in continua crescita le apparecchiature diagnostiche che necessitano di alimentazione in continuità, sia per motivi funzionali (al fine di stabilizzare l'alimentazione), sia per motivi economici (per evitare la perdita dei dati), sia per la sicurezza delle persone (per esempio le TAC o le angiografie).
In questo contesto occorre sottolineare e ribadire che gli aspetti relativi all'affidabilità di un impianto non seguono norme specifiche, ma sono la sensibilità e l'esperienza del progettista che aiutano a capire quale sia la soluzione giusta da proporre. A differenza del mondo dell'Information Technology (IT), in ambito sanitario non esistono infatti delle linee guida che suggeriscano un "modus operandi" per la progettazione elettrica sicura e affidabile, tuttavia accade spesso che proprio per questi scopi si utilizzino le linee guida del settore informatico per raggiungere eguali livelli di affidabilità (si pensi ad esempio alle varie configurazioni TIER redatte dall'Uptime institute). Ecco quindi alcuni suggerimenti che possono nascere da questo connubio:

- per ottenere affidabilità, a livello di progetto è spesso prevista una ridondanza nelle sorgenti dell'impianto (doppi trasformatori, doppi UPS, doppi generatori ecc.) dimenticando che l'affidabilità stessa dipende anche dallo schema della rete elettrica che si dirama a valle. Affidabilità, dunque, non sempre è sinonimo di ridondanza;
- la percentuale di suddivisione tra utenze normali e privilegiate - utenze alimentate sia dalla rete ordinaria che da gruppo elettrogeno con tempo di commutazione < 15 sec (classe 15) - negli anni è aumentata a favore delle seconde. La tendenza è comunque quella di far sostenere interamente il carico elettrico dell'ospedale da un gruppo elettrogeno, con esclusione dei gruppi frigo (mantenendo comunque la generazione del freddo per le sale operatorie); per tali utenze la soluzione migliore appare quella di prevedere l'UPS dedicato alla singola utenza diagnostica;
- per gestire i buchi di tensione dovuti all'assenza di rete e la successiva commutazione, a fronte di una rete pubblica sempre meno affidabile e stabile, è fondamentale progettare un impianto scalabile e modulare, per conferire maggiore flessibilità al sistema e facilitare implementazioni future.

CEI 64-8/7 - CLASSIFICAZIONE DELL'ALIMENTAZIONE DI SICUREZZA NEI LOCALI AD USO MEDICO

Per "**Locale a uso medico**" si intende un locale destinato a scopi diagnostici, terapeutici, chirurgici, di sorveglianza o di riabilitazione dei pazienti (inclusi i centri estetici). Per "Paziente" si intende la persona o l'animale sottoposta ad esame o trattamento, incluso quello dentistico. Si dice "Apparecchio Medicale" l'apparecchio elettrico munito di non più di una connessione ad una particolare rete di alimentazione, destinato alla diagnosi, al trattamento o alla sorveglianza del paziente sotto la supervisione del medico che entra in contatto fisico o elettrico col paziente ovvero determina un trasferimento di energia verso o dal paziente. Si definisce "Parte Applicata" quella parte dell'apparecchio che nell'uso normale viene a contatto fisico con il paziente perché l'apparecchio possa svolgere la sua funzione; oppure può essere portata a contatto col paziente oppure necessita di essere toccata dal paziente. Si definisce "Zona Paziente" quel volume in cui un paziente con parti applicate può venire in contatto intenzionale o non intenzionale con altri apparecchi elettromedicali o con masse estranee o con altre persone in contatto con tali elementi (Fig. 56).

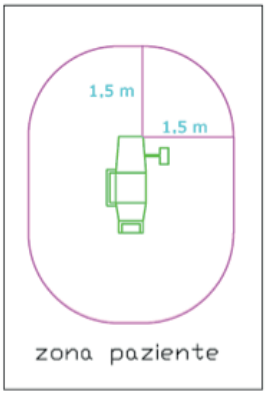


Figura 56: Zona paziente

La classificazione dei locali a uso medico e l'individuazione della zona paziente devono essere fatte dal personale medico o in accordo con l'organizzazione sanitaria. Per determinare la classificazione di uno specifico locale a uso medico è necessario che il personale medico indichi quali trattamenti medici debbano essere effettuati entro tale locale.

I locali a uso medico si distinguono in 3 gruppi:

- **Gruppo 0:** Locali a uso medico nei quali non si utilizzano apparecchi elettromedicali con parti applicate. Ai locali di tale gruppo non si applicano le prescrizioni della norma.
- **Gruppo 1:** Locali a uso medico nei quali le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate esternamente o invasivamente entro qualsiasi parte del corpo, ad eccezione della zona cardiaca.
- **Gruppo 2:** Locali a uso medico nei quali le parti applicate sono destinate ad essere utilizzate in applicazioni quali interventi intracardiaci (un intervento intracardiaco è un intervento in cui un conduttore elettrico è posto entro la zona cardiaca di un paziente o è probabile che entri in contatto col cuore. A questo riguardo, si considerano conduttori elettrici i fili isolati, quali gli elettrodi di un pacemaker o gli elettrodi di un elettrocardiogramma od i cateteri riempiti di fluidi conduttori), operazioni chirurgiche, o il paziente è sottoposto a trattamenti vitali dove la mancanza dell'alimentazione può comportare pericolo per la vita.

Negli edifici ad uso medico (edifici destinati a contenere prevalentemente locali a uso medico), a valle del quadro di distribuzione principale, e nei locali a uso medico non è ammesso il sistema TN-C. È inoltre raccomandato che in tali locali il sistema di distribuzione sia progettato ed installato in modo da facilitare la commutazione automatica tra la rete di alimentazione e la sorgente di alimentazione di sicurezza. Quando sono utilizzati i circuiti SELV e PELV nei locali a uso medico di gruppi 1 e 2, la tensione nominale applicata agli apparecchi non deve superare 25V (valore efficace in c.a.) o 60V (non ondulata in c.c.). Le masse dei componenti elettrici nella zona paziente dei locali di gruppo 1 e 2 devono essere collegate al conduttore di protezione.
Per sistemi TT-TN-IT si intendono quei sistemi che distinguono lo stato del neutro e delle masse: la prima lettera indica lo stato del neutro ('T' indica il neutro collegato direttamente a terra, 'I' indica il neutro isolato da terra o collegato a terra tramite un'impedenza), la seconda lettera indica la situazione delle masse ('T' indica che le masse sono collegate a terra, 'N' indica che le masse sono collegate al neutro del sistema).
Per quanto riguarda la **protezione dai contatti diretti**, è permessa solo la protezione mediante isolamento delle parti attive o la protezione mediante barriere o involucri.
Per quanto riguarda la **protezione dai contatti indiretti**, nei locali ad uso medico di gruppo 1 e 2, occorre che, per i sistemi IT,TN,TT, la tensione di contatto limite convenzionale UL non superi 25V.

- **Per sistemi TT e TN**, i circuiti terminali dei locali ad uso medico di gruppo 1, che alimentano prese a spina con corrente nominale sino a 32A, devono essere protetti con interruttori differenziali aventi corrente differenziale nominale non superiore a 30mA (protezione addizionale).
- **Per sistemi TT e TN**, i circuiti terminali dei locali ad uso medico di gruppo 2, devono essere protetti mediante interruttore differenziale con Idn ≤ 30mA. È necessario fare particolare attenzione per assicurare che l'uso simultaneo di numerosi apparecchi, collegati allo stesso circuito, non possa causare scatti intempestivi degli interruttori differenziali. Nei locali a uso medico di gruppo 1 e 2, dove sono richiesti interruttori differenziali, devono essere scelti solo quelli di tipo A o di tipo B, in funzione del tipo della possibile corrente di guasto.
- **Per sistemi IT-M**, occorre l'alimentazione con trasformatore di isolamento ad uso medicale. Il sistema deve inoltre essere dotato di un dispositivo di controllo permanente dell'isolamento che sia in accordo con la Norma CEI EN 61557-8, avente i seguenti requisiti:
- Impedenza interna ≥ 100kΩ (così da limitare la corrente di dispersione);
- Tensione di prova ≤ 25V c.c.;
- Corrente di prova ≤1mA anche in condizioni di guasto;
- L'indicazione deve aver luogo quando la resistenza di isolamento scenda a 50 kΩ. Un dispositivo di prova deve essere presente per questa verifica;
- Il dispositivo di controllo dell'isolamento non deve essere disinseribile;
- È raccomandato un dispositivo per la sorveglianza del sovraccarico e della sovratemperatura del trasformatore di isolamento ad uso medicale

Per ogni sistema con trasformatore di isolamento ad uso medicale deve essere installato un sistema di allarme ottico e acustico in un posto adatto tale da poter essere sorvegliato. Tale dispositivo deve disporre di una luce verde che indichi il corretto funzionamento; una luce gialla che indichi il raggiungimento di un valore minimo fissato per la resistenza di isolamento; un allarme acustico

che suoni quando sia raggiunto il valore minimo fissato per la resistenza di isolamento.
Il sistema IT-M deve essere utilizzato nei locali a uso medico di gruppo 2 per i circuiti che alimentano gli apparecchi elettromedicali o altri apparecchi utilizzatori che rientrino nella zona paziente, ad eccezione dei circuiti per unità a raggi X che vanno alimentati da trasformatori non di isolamento e per apparecchi con potenza nominale maggiore di 5 kVA.
In ciascun locale ad uso medico di gruppo 1 e di gruppo 2 deve essere installato un **nodo equipotenziale** a cui siano collegate le seguenti parti situate, o che possono entrare, nella zona paziente:

- Masse (conduttori di protezione);
- Masse estranee (conduttori equipotenziali). Nei locali di gruppo 2 con pericolo di microshock, per massa estranea si intende una parte metallica che presenta una resistenza verso terra <0.5 M□; viceversa, negli altri locali di gruppo 2 e nei locali di gruppo 1 il limite di resistenza è di 200 □;
- Schermi contro le interferenze elettriche;
- Eventuali griglie conduttrici nel pavimento (contro le scariche elettrostatiche);
- Eventuale schermo metallico del trasformatore di isolamento.

La sezione nominale dei conduttori equipotenziali non deve essere inferiore a **6 mm²** in rame.
Il nodo equipotenziale deve essere posto entro o vicino al locale ad uso medico e deve essere collegato al conduttore principale di protezione, con un conduttore di sezione almeno equivalente a quello del conduttore di sezione più elevato collegato al nodo stesso. Tali connessioni devono essere disposte in modo tale che siano chiaramente identificabili ed accessibili e in grado di essere scollegate individualmente (Fig. 57).

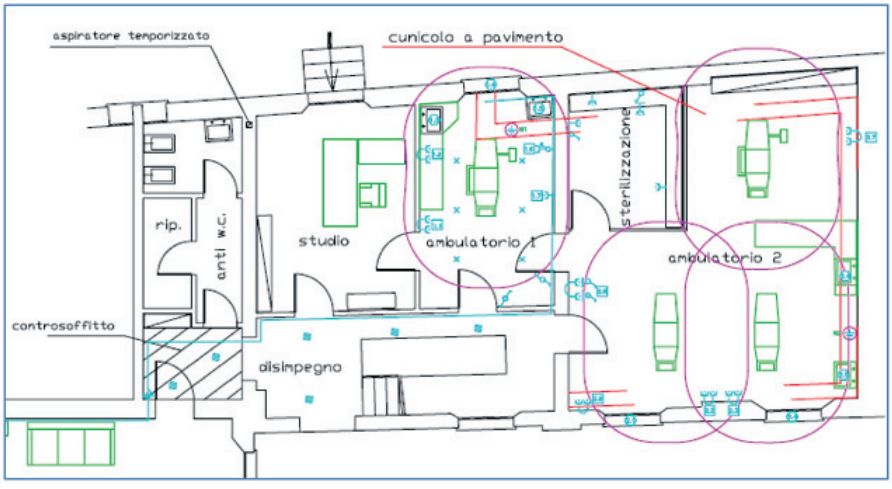


Figura 57: Esempio di locale a uso medico di gruppo 1, nel quale si individuano le zone paziente e i nodi equipotenziali

I trasformatori di isolamento per uso medicale devono essere installati all'interno o nelle immediate vicinanze dei locali a uso medico. La tensione nominale Un secondaria dei trasformatori non deve superare i 250 V c.a. I trasformatori devono essere in accordo con la Norma CEI EN 61558-2-15.

La protezione contro le sovracorrenti deve essere ottenuta mediante interruttori automatici. Essi devono essere per quanto possibile selettivi rispetto ai dispositivi di protezione a monte. La protezione contro le sovracorrenti di circuiti bipolari dei sistemi IT-M può essere unipolare.

Nei locali a uso medico è richiesta una alimentazione dei servizi di sicurezza che deve intervenire, in caso di mancanza della alimentazione ordinaria, per alimentare i componenti elettrici e per la durata sotto indicati:

Sorgenti di alimentazione di sicurezza con un periodo di commutazione ≤0.5s: è richiesta una sorgente di sicurezza che possa alimentare per un periodo minimo di tre ore e che ripristini l'alimentazione entro un tempo non superiore a 0.5s gli apparecchi di illuminazione dei tavoli operatori e gli apparecchi elettromedicali che necessitino dell'alimentazione di sicurezza entro 0.5s. Il periodo di tre ore può essere ridotto a un'ora nel caso in cui, in tale tempo, l'alimentazione di sicurezza possa essere commutata, anche manualmente, su un'altra alimentazione di sicurezza, ad esempio un gruppo elettrogeno.

Sorgenti di alimentazione di sicurezza con un periodo di commutazione ≤15s: in caso di abbassamento della tensione al quadro di distribuzione principale superiore, in uno o più conduttori di fase, al 12% della tensione nominale, per almeno 3s, si deve ottenere mediante una sorgente dei servizi di sicurezza, per una durata minima di 24 ore il **necessario illuminamento minimo** per:

- le vie di esodo e relativa segnalazione di sicurezza;
- per i locali destinati a servizio elettrico, a gruppi generatori di emergenza e a quadri di distribuzione principali dell'alimentazione ordinaria e dell'alimentazione di sicurezza;
- per i locali nei quali sono previsti servizi essenziali;
- per i locali a uso medico di gruppo 1 (nei quali almeno un apparecchio di illuminazione deve essere alimentato dalla sorgente di sicurezza) e di gruppo 2 (nei quali almeno il 50% degli apparecchi di illuminazione deve essere alimentato dalla sorgente di sicurezza).

Necessitano inoltre un'**alimentazione di sicurezza** con tempo di commutazione non superiore ai 15s i seguenti apparecchi utilizzatori:

- gli ascensori destinati a funzionare in caso di incendio;
- i sistemi di ventilazione per estrazione dei fumi;
- i sistemi di chiamata;
- gli apparecchi elettromedicali che necessitano di una alimentazione di sicurezza entro 15 s, non rientranti nella categoria di quelli con periodo di commutazione inferiore agli 0.5s;
- gli apparecchi elettrici destinati a fornire gas per uso medico, compresi l'aria compressa, il vuoto ed i gas anestetici, così come i sistemi di monitoraggio.

La durata di 24h può essere ridotta fino ad un'ora se le prescrizioni mediche e l'utilizzo del locale facilitano il trattamento e l'evacuazione può essere completata entro un'ora.

Sorgenti di alimentazione di sicurezza con un periodo di commutazione ≥15s: I componenti elettrici diversi da quelli trattati precedentemente, necessari per mantenere in funzione i servizi

ospedalieri, quali gli apparecchi di sterilizzazione, gli impianti di riscaldamento e condizionamento, gli apparecchi frigoriferi, gli apparecchi di cottura e gli apparecchi per la carica delle batterie di accumulatori devono essere collegati manualmente o automaticamente ad una sorgente di alimentazione di sicurezza.

4.5 Impianti in locali ad uso medico - Valutazione del rischio sanitario dovuto alla perdita dell'alimentazione elettrica alle apparecchiature aventi funzioni vitali o di sicurezza per i pazienti

La sorgente di sicurezza, rappresentata dall'UPS, viene spesso erroneamente considerata "totalmente affidabile" in fase di progettazione elettrica, senza infatti fare alcuna considerazione in merito al numero di pazienti che verrebbero danneggiati in caso di perdita dell'erogazione dell'energia elettrica. Quanto segue è la valutazione del rischio sanitario dovuto alla perdita dell'alimentazione elettrica alle apparecchiature aventi funzioni vitali o di sicurezza per i pazienti.
Si consideri un caso di un'azienda ospedaliera che abbia un numero di 45 pazienti contemporaneamente presenti nei locali, e che possono subire danni gravi a seguito di perdita dell'alimentazione da parte del sistema di continuità: la perdita dell'unico sistema di UPS provocherebbe la mancata alimentazione elettrica di tutte le apparecchiature critiche.
Le apparecchiature critiche vengono alimentate dal sistema UPS, che può prelevare energia dalla rete elettrica, dal gruppo elettrogeno o dalle batterie del gruppo di continuità, come esposto in Fig. 58.

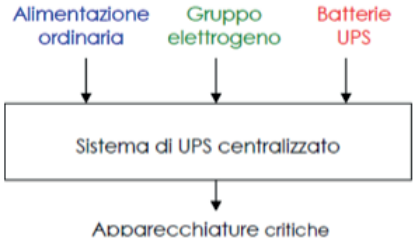


Figura 58: Alimentazione

La caratterizzazione degli obiettivi di sicurezza ed affidabilità comporta la definizione di livelli accettabili di rischio. Tale accettabilità può essere legata alle possibili conseguenze deteriori degli eventi indesiderati sull'uomo, sull'ambiente o sul sistema stesso oggetto dell'analisi in funzione del campo di interesse dello studio.
In campo internazionale, non esiste uniformità di approccio alla definizione di criteri di accettabilità del rischio. Essi riflettono l'importanza che viene posta sulle problematiche di sicurezza ed alla loro definizione contribuiscono considerazioni di carattere economico e sociale in relazione alla realtà in cui l'installazione verrà collocata. Di seguito vengono presentati brevemente alcuni criteri di accettabilità comunemente adottati in campo internazionale.

Rischio individuale: è una delle grandezze maggiormente utilizzate per valutare il rischio sanitario. Esso rappresenta il rischio a cui il singolo individuo viene esposto a seguito dell'esistenza di una determinata fonte di pericolo e viene generalmente espresso in termini di probabilità di subire un prefissato livello di danno (usualmente il decesso) nell'unità di tempo di riferimento (generalmente un anno). La definizione di un livello di rischio "accettabile" associato ad una nuova attività industriale non può prescindere da un'analisi dei rischi a cui l'individuo è mediamente esposto a seguito di attività esistenti. Il rischio aggiuntivo introdotto dalla realizzazione della nuova installazione non deve, infatti, alterare in maniera significativa il livello di rischio a cui la persona è esposta durante la normale vita quotidiana. L'Health and Safety Committee inglese alla fine degli anni 80 introdusse il concetto di ALARP in cui veniva proposto l'approccio descritto di seguito e rappresentato graficamente nella figura 59, in cui sono individuate le seguenti aree:

- Area del rischio "non accettabile". Un rischio che cada in questa regione non può essere giustificato in nessun caso.
- Area del rischio "accettabile". Qualora il rischio associato all'attività in esame cada in questa regione, non sono necessarie ulteriori indagini ed azioni in quanto il valore è da ritenersi accettabile.
- Area "ALARP" (As Low As Reasonably Practicable). Occorre svolgere ulteriori indagini e prevedere azioni mitigative al fine di ridurre, per quanto ragionevolmente praticabile, il valore del rischio. Il criterio di decisione è, in questo caso, un'analisi costi/benefici; il rischio si può ritenere "tollerabile" solamente se si fornisce evidenza che il costo associato ad una sua ulteriore riduzione è superiore ai benefici attesi.

In mancanza di valori di riferimento di legge e normativi applicabili al caso in questione, a fronte di eventi che possono comportare la morte o danni gravi ad una persona, la valutazione del rischio è stata condotta assumendo i seguenti valori di soglia:

- soglia di rischio individuale "inaccettabile": 10-2/anno
- soglia di rischio "accettabile" 10-4/anno

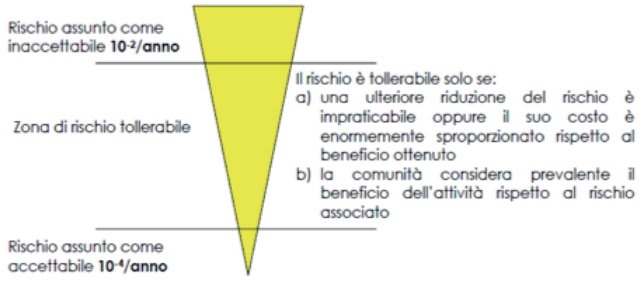

Rischio assunto come inaccettabile 10-2/anno
Zona di rischio tollerabile
Il rischio è tollerabile solo se:
a) una ulteriore riduzione del rischio è impraticabile oppure il suo costo è enormemente sproporzionato rispetto al beneficio ottenuto
b) la comunità considera prevalente il beneficio dell'attività rispetto al rischio associato
Rischio assunto come accettabile 10-4/anno

Figura 59: Criterio di accettabilità del rischio secondo il metodo ALARP.

Rischio sociale, ambientale ed economico. Nel paragrafo precedente l'attenzione è stata rivolta al rischio a cui è esposto il singolo individuo. L'indagine ed il giudizio sul livello di sicurezza di un'installazione non possono però prescindere, in generale, da un esame del numero complessivo di soggetti esposti e del relativo livello di rischio. A tale scopo viene introdotto il concetto di rischio sociale, ovvero di danno atteso ad un gruppo di popolazione esposto ad un determinato rischio. Il rischio sociale viene generalmente rappresentato in termini di curve con la frequenza (F) degli eventi a cui sono associati un numero di vittime maggiore od uguale ad N. Un esempio di tali curve è riportato nella figura 60. Le curve F-N sono utilizzate per definire criteri di accettabilità del rischio sociale. L'approccio generalmente adottato ricalca quanto già descritto in riferimento al rischio individuale.

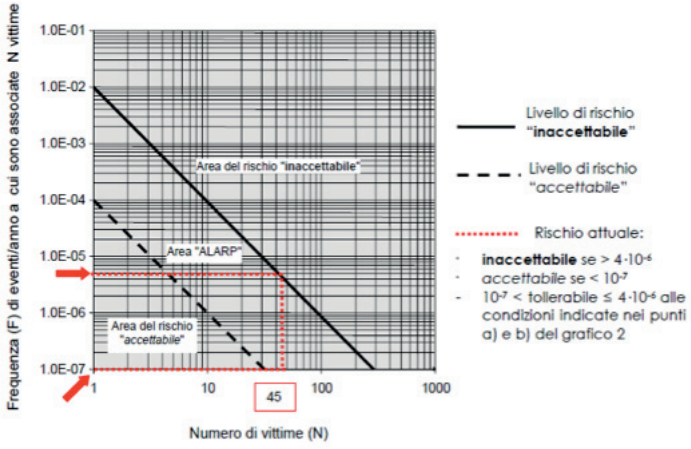


Figura 60: Curve F(N) utilizzate per definire il criterio di accettabilità del rischio sanitario. Si tratta di curve iperboliche riportate su scala logaritmica

Il valore del rischio esistente è stato determinato tramite il metodo Event Tree Analisys. La tabella di Fig. 61 rappresenta l'analisi di affidabilità del sistema di UPS in funzione del tempo, ed è riferita ad un arco di tempo di un anno. Il valore di rischio ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio inaccettabile e con quello accettabile.

1	2	3	4	5	6	7
Probabilità evento iniziatore	Probabilità di presenza persone	Probabilità di morte o danno grave	Probabilità di guasto di altra fonte di energia (c)	Rischio di morte o danno grave (d)	Rischio di danno **inaccettabile**/ accettabile per n. 45 pazienti (e)	Fattore di riduzione del rischio necessario (f)
			Si	Si		
Guasto Sistema UPS centralizzato(a)	Si	Si	1	9,178·10⁻³	4·10⁻⁴/10⁻⁷	2.294/91.780
	1	1	No			
U_{UPS-C} = 9,178·10⁻³(b)			0			Nessun rischio
	No	No				
	0	0				Nessun rischio

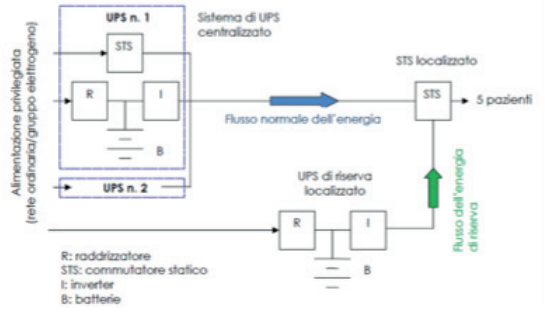
Note
(a) N. 2 UPS in parallelo; MTBF (tempo medio tra due guasti successivi) del sistema "UPS-C": 9,5·10⁵ ore.
(b) La probabilità U è stata determinata con la formula generale dell'inaffidabilità: U(t) = 1 - e^(-λt), dove λ = 1/MTBF e t = 1 anno (8.760 ore).
(c) Altre fonti di energia, quali: sorgente di alimentazione autonoma nelle apparecchiature per le quali è richiesta la continuità elettrica assoluta.
(d) Il valore risultante è dato dal prodotto dei valori delle colonne precedenti.
(e) Vedere grafico 3.
(f) Rapporto tra il valore della colonna 5 ed i valori della colonna 6.

Figura 61: Analisi del rischio per un sistema UPS centralizzato

Dal confronto del valore di rischio ottenuto con il valore di rischio inaccettabile e con quello accettabile risulta necessario ridurre il rischio attuale di un fattore pari a 2.294 per scendere al di sotto della soglia del rischio "inaccettabile" e 91.780 per scendere al di sotto della soglia del rischio "accettabile".

Al fine di ridurre il rischio, sono state considerate due possibili soluzioni:

- Verificare la presenza di una sorgente di alimentazione autonoma nelle apparecchiature per le quali è richiesta la continuità elettrica e garantire inoltre il bypass manuale del sistema UPS, ripristinando così, in caso di guasto, l'alimentazione privilegiata diretta (da rete ordinaria o da gruppo elettrogeno) entro i tempi di autonomia delle sorgenti di alimentazione autonome presenti nella apparecchiature (Fig. 62).
- Ogni 5 pazienti, integrare l'UPS centralizzato con un UPS di riserva ed un commutatore statico (STS) localizzato, alimentante le relative apparecchiature (Fig. 63).



1	2	3	4	5	6	7	8
Probabilità evento iniziatore	Probabilità di presenza persone	Probabilità di morte o danno grave	Probabilità di guasto di altra sorgente di energia autonoma (c)	Chiusura del by-pass manuale in caso di guasto di 1 (tempo in anni) (e)	Rischio di morte o danno grave (f)	Rischio di danno inaccettabile/ accettabile per n. 1 paziente (g)	Fattore di riduzione del rischio necessario (h)
			Si	Si	Si		
Guasto Sistema UPS centralizzato(a)	Si	Si	$U_{SA}=24{,}61\cdot10^{-2}$(d)(b)(f)	$5{,}7\cdot10^{-5}$	$1{,}28\cdot10^{-7}$	$10^{-3}/10^{-4}$	0/0
	1	1	No				
$U_{UPS-C}=9{,}178\cdot10^{-9}$(b)			0				Nessun rischio
	No	No					
	0	0					Nessun rischio

Note
(a) N. 2 UPS in parallelo; MTBF (tempo medio tra due guasti successivi) del sistema "UPS-C": $9{,}5\cdot10^5$ ore.
(b) La probabilità U è stata determinata con la formula generale dell'inaffidabilità: $U(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, dove $\lambda = 1/MTBF$ e $t = 1$ anno (8.760 ore).
(c) Sorgente di alimentazione autonoma nelle apparecchiature per le quali è richiesta la continuità elettrica assoluta.
(d) MTBF della sorgente autonoma "SA": $31\cdot10^3$ ore.
(e) Tempo necessario per eseguire il by-pass manuale degli UPS sull'alimentazione ordinaria o su gruppo elettrogeno in caso di guasto degli stessi, eseguita da operatori elettrici formati in servizio di pronta disponibilità: 30'.
(f) Il valore risultante è dato dal prodotto dei valori delle colonne precedenti.
(g) Vedere grafico 3.
(h) Rapporto tra il valore della colonna 6 ed i valori della colonna 7.
(i) Nel caso in cui la sicurezza del paziente dipenda da più apparecchiature indipendenti tra loro, U_{SA} risultante è la somma delle singole U_{SA}.

Figura 62: Sistema di un UPS centralizzato + sorgente di alimentazione autonoma in ogni apparecchiatura con funzioni vitali o di sicurezza per il paziente

1	2	3	5	4	5	6
Probabilità evento iniziatore	Probabilità di presenza persone	Probabilità di morte o danno grave	Riparazione di UPS-C o UPS-L in caso di guasto (tempo in anni) (c)	Rischio di morte o danno grave (d)	Rischio di danno **inaccettabile/** accettabile per n. 5 pazienti (e)	Fattore di riduzione del rischio necessario (f)
			Si	Si		
Guasto Sistema UPS centralizzato + UPS locale + STS locale(a)	Si	Si	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$	$2{,}37 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-3}/4 \cdot 10^{-5}$	0/0
$U_{(UPS\text{-}C/UPS\text{-}L/STS\text{-}L)}=8{,}81 \cdot 10^{-4}$(b)	1	1				Nessun rischio
	No	No				Nessun rischio
	0	0				

Note

(a) N. 2 UPS in parallelo; MTBF (tempo medio tra due guasti successivi) del sistema "UPS-C": $9{,}5 \cdot 10^5$ ore. N. 1 UPS locale ogni cinque pazienti; MTBF "UPS-L": $87 \cdot 10^3$ ore. N. 1 commutatore statico locale ogni cinque pazienti; MTBF "STS": $500 \cdot 10^3$ ore.

(b) La probabilità U è stata determinata con la formula generale dell'inaffidabilità: $U(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, dove $\lambda = 1/MTBF$ e t = 1 anno (8.760 ore).

(c) MTTR (tempo medio di riparazione) degli UPS: 24 ore.

(d) Il valore risultante è dato dal prodotto dei valori delle colonne precedenti.

(e) Vedere grafico 3.

(f) Rapporto tra il valore della colonna 4 ed i valori della colonna 5.

Figura 63: Soluzione con UPS di riserva e commutatore statico (STS)

L'analisi del rischio è influenzata da notevoli variabili tipiche per ogni caso specifico, dalla quantità e qualità delle informazioni disponibili e dalla loro interpretazione, dal livello di approfondimento che si intende raggiungere, dall'esperienza e sensibilità del soggetto che conduce l'analisi,...
I risultati ottenuti in questo articolo non possono quindi essere considerati di validità assoluta, ma solo un esempio di valutazione del rischio finalizzato alla sensibilizzazione all'argomento della continuità elettrica in ambito sanitario.
Un unico sistema di UPS centralizzato anche se costituito da più UPS in parallelo, senza ulteriori sorgenti di alimentazioni autonome, non fornisce un livello di affidabilità sufficiente a ridurre il rischio ad un valore accettabile quando il numero di potenziali vite è alto (nell'esempio 45). Provvedendo una alimentazione locale autonoma in ridondanza come quella di una batteria interna all'apparato elettromedicale, si rispetta la curva di rischio accettabile limitatamente ad una singola vita.
Occorre infine considerare che l'analisi di rischio è un processo che ha l'obiettivo di fornire una rappresentazione formale della possibilità di danno di un sistema ed, in ultima analisi, di fornire le informazioni necessarie per una verifica documentata, motivata e giustificabile della rispondenza delle scelte di progetto agli obiettivi di rischio prefissati. Poiché il rischio è definito da probabilità (o frequenza) di eventi e da loro conseguenze, l'analisi di rischio implica la definizione dell'insieme degli eventi possibili, oggetto dell'analisi, la valutazione della loro probabilità (o frequenza) e la determinazione delle loro conseguenze.

ANNEX 1

LE PRINCIPALI NORME DI RIFERIMENTO PER IL SETTORE DEGLI UPS

DIRETTIVE EUROPEE

DIRETTIVA EUROPEA **2004/108/CE sulla Compatibilità Elettromagnetica** (Direttiva EMC)
DIRETTIVA EUROPEA **2006/95/CE sulla Bassa tensione**

RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

• CEI EN 62040-1/I^ edizione "Sistemi statici di continuità (UPS) - Prescrizioni generali e di sicurezza"

La Norma si applica ai gruppi statici di tipo mobile, stazionario, fisso, da incorporare, destinati ai sistemi di distribuzione a bassa tensione e installabili in qualsiasi ubicazione, accessibile o meno all'operatore.

Essa specifica le prescrizioni di sicurezza sia per l'operatore che per i non addetti che possano venire in contatto con l'apparecchiatura e, quando espressamente indicato, per il personale di servizio.

• CEI EN 62040-2/I^ edizione "Sistemi statici di continuità (UPS) – Prescrizioni di compatibilità elettromagnetica (EMC)"

La Norma si applica alle singole unità di UPS o ai sistemi di più UPS interconnessi in un unico sistema di alimentazione, collegati alle reti a bassa tensione industriali o pubbliche, ad esclusione degli UPS rotanti e degli alimentatori elettronici in corrente continua per illuminazione. La Norma prescrive i limiti di emissione e di immunità essenziali, con i relativi metodi di prova e misurazione.

• CEI EN 62040-3 /1^ edizione "Sistemi statici di continuità (UPS)- Metodi di specifica delle prestazioni e prove "

La Norma, intesa a definire un sistema statico di continuità completo, si applica ai sistemi di convertitori indiretti a c.a. provvisti di dispositivi per l'accumulazione di energia (batteria). La Norma si applica agli UPS mobili, stazionari e/o fissi che erogano una tensione in uscita mono o trifase a frequenza fissa, provvisti di dispositivo di accumulazione di energia in c.c., se non diversamente specificato, con tensione assegnata non superiore a 1000 V c.a.\t Sono compresi gli interruttori, gli interruttori di bypass, di separazione, di trasferimento del carico e di collegamento, che interagiscono con altre unità funzionali dell'UPS, per mantenere la continuazione dell'alimentazione del carico.

La Variante CEI EN 62040-3/A11 costituisce l'Allegato normativo alla Norma e definisce i metodi di misura del rendimento per gli UPS.

• CEI EN 62310-1/I^ edizione "Sistemi statici di trasferimento (STS) – Prescrizioni generali e di sicurezza"

La Norma si applica ai sistemi statici di trasferimento (STS), destinati ad assicurare la continuità dell'alimentazione al carico mediante la commutazione controllata, automatica o manuale, da

due o più sorgenti in c.a. indipendenti.
La Norma specifica le prescrizioni generali e di sicurezza elettrica, meccanica, termica per le persone che possano venire in contatto con l'apparecchiatura durante l'installazione, il funzionamento e la manutenzione, secondo le istruzioni del costruttore.

• CEI EN 62310-2/I^ edizione "Sistemi statici di trasferimento (STS) – Prescrizioni di compatibilità elettromagnetica (EMC)"

La Norma tratta dei requisiti di compatibilità elettromagnetica dei sistemi statici di trasferimento (STS) con tensione fino a 1000 V c.a. per applicazioni mono, bi e trifasi ed intesi ad assicurare la continuità dell'alimentazione del carico mediante un trasferimento controllato, con o senza interruzione, da due o più sorgenti in c.a. indipendenti.
La Norma specifica i limiti di emissione, i metodi di prova ed i minimi livelli di prestazione.

• CEI EN 62310-3 /1^ edizione "Sistemi statici di trasferimento (STS) – Metodi di specifica delle prestazioni e prove"

La Norma si applica ai sistemi statici di trasferimento (STS), destinati ad assicurare la continuità dell'alimentazione al carico mediante la commutazione controllata, automatica o manuale, da due o più sorgenti in c.a. indipendenti.
Include informazioni circa l'integrazione degli STS e dei loro accessori nella rete in c.a., le specifiche per i commutatori, il loro controllo e le protezioni. La Norma specifica le prescrizioni generali e di sicurezza

• CEI EN 50171 /1^ edizione "Sistemi di alimentazione centralizzata"

Questa Norma specifica le prescrizioni generali per i sistemi di alimentazione centralizzata indipendente di apparecchiature di sicurezza. La Norma si applica ai sistemi collegati in modo permanente a tensioni di alimentazione in corrente alternata non superiori a 1000 V e che utilizzano batterie come sorgente alternativa.

• CEI EN 50272-2 "Prescrizioni di sicurezza per batterie di accumulatori e loro installazione – Batterie stazionarie"

La presente Norma si applica alle batterie di accumulatori stazionarie, al piombo e al nichel-cadmio, ed alle loro installazioni con tensione massima di 1500 V in c.c. (nominale). Essa descrive le misure di protezione contro i rischi elettrici, le emissioni di gas e lesioni da elettrolito.
Inoltre, fornisce prescrizioni su aspetti di sicurezza associati alla costruzione, all'uso, all'ispezione, alla manutenzione ed allo smaltimento.

UNA GUIDA PER LA CONTINUITA'

Un ringraziamento particolare è rivolto alle aziende del Gruppo Tecnico UPS di AssoAutomazione che hanno contribuito alla realizzazione del documento:

- BORRI SPA
- EMERSON NETWORK POWER -CHLORIDE S.P.A
- EATON SRL
- G-TEC EUROPE SRL
- LEVER SRL
- METASYSTEM ENERGY SRL
- POWERTRONIX SPA
- RPS SPA
- SCHNEIDER ELECTRIC IT ITALIA SRL
- SIEL SPA
- TECNOWARE SRL